Über den Wandungsbau der Arterien, insbesondere die Struktur des elastischen Gewebes bei Anamnien und Sauropsiden

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

genehmigt

von der philosophischen Fakultät

der

Friedrich Wilhelms-Universität zu Berlin

von

Ortwin Reinecke

aus Braunschweig

Tag der Promotion: 7. Juli 1916

Über den Wandungsbau der Arterien, insbesondere die Struktur des elastischen Gewebes bei Anamnien und Sauropsiden

---

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

genehmigt

von der philosophischen Fakultät

der

Friedrich Wilhelms-Universität zu Berlin

von

Ortwin Reinecke

aus Braunschweig

ACAD.
LUGD.BAT.
BIBL.

Tag der Promotion: 7. Juli 1916.

Referenten:

Professor Dr. **F. E. Schulze**

Professor Dr. **A. Brauer.**

Sonder-Abdruck
aus dem
Archiv für mikroskopische Anatomie
Bd. 87, Abt. I (für vergleichende und experimentelle Histologie und Entwicklungsgeschichte)
Verlag von Friedrich Cohen in Bonn
1916

Meinen lieben Eltern gewidmet.

Weihnachten 1915.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546508_0117

Über den Wandungsbau der Arterien, insbesondere die Struktur des elastischen Gewebes bei Anamnien und Sauropsiden.

Von

Ortwin Reinecke.

Inhalt.

Seite

I. Literarisches:
1. Über feinere elastische Faserstrukturen 16
2. Allgemeines über Arterienwandungen 19
II. Eigene Untersuchungen:
1. Material, Methoden, Nomenklatur 23
2. Arterienwandungen bei Fischen 25
3. Arterienwandungen bei Amphibien 29
4. Arterienwandungen bei Reptilien 48
5. Arterienwandungen bei Vögeln 60
III. Zusammenfassung und Ergebnisse 69
IV. Literaturangaben 75

I. Literarisches.

Über den histologischen Bau der Arterienwandungen und die Beziehungen, die zwischen Bau und Funktionen der Blutgefässe bestehen, hat sich in neuerer Zeit eine reichliche Literatur angesammelt. Unter den zahlreich erschienenen Arbeiten befinden sich auch einige, die sich im besonderen mit den feineren Strukturen, die das elastische Gewebe in den Arterienwandungen zu bilden vermag, beschäftigen und durch eine ganze Reihe neuer Befunde die Wichtigkeit dieser Verhältnisse für den Gesamtbau der Gefässe darlegen. Aber die bisher darüber vorliegenden Arbeiten beschränkten sich alle auf Säuger-, insbesondere menschliche Arterien. Es erscheint daher nicht wenig verlockend, diese Verhältnisse nun auch bei niedriger stehenden Vertebraten, deren Blutbahnen noch auf einer primitiveren Entwicklungsstufe stehen, als die der höheren Säuger, zu untersuchen und dabei zugleich auch einen Beitrag zur allgemeinen Histologie der Wirbeltierarterien zu liefern, über die bisher nur erst sehr wenige Arbeiten

vorliegen. Dieses Ziel war den Untersuchungen gesteckt, über deren Ergebnisse in folgendem berichtet werden soll.

Als Einleitung zunächst einiges Literarisches. Von den am Schluss im Literaturverzeichnis aufgeführten Arbeiten beziehen sich auf unser spezielles Thema, die feinere Struktur des elastischen Gewebes, die Veröffentlichungen von Schiefferdecker, Grünstein, Dürck, Rothfeld und besonders von Bonnet. Ferner befassen sich mit den Arterienwandungen der Vertebrata non mammalia die Abhandlungen von Suchard, Dragendorf und besonders von Argaud. Beginnen wir also mit einer Darstellung der Ergebnisse dieser beiden Gruppen von Arbeiten.

1. Über feinere elastische Faserstrukturen.

Die ersten einschlägigen Angaben über die feinere Struktur des elastischen Gewebes finden sich bei Schiefferdecker. Er teilt 1896 in einem Vortrage über den Bau der Wandungen der Blutgefässe die elastischen Elemente der Media, die ja fast ausschliesslich in Frage kommt, ein

I. in solche, welche mehr konzentrisch verlaufen: konzentrische Fasern bezw. Fasernetze oder Lamellen, und

II. solche, welche die konzentrischen miteinander verbinden: Verbindungsfasern. Diese verlaufen nun entweder
   a) mehr in der Querschnittsebene des Gefässes: querverlaufende Verbindungsfasern, oder sie verlaufen
   b) mehr parallel zur Längsachse des Gefässes: längsverlaufende Verbindungsfasern.

   Die querverlaufenden Fasern teilt er weiter
   1. „in die radiären Fasern, welche über mehrere konzentrische Fasern hin mehr oder weniger in radiärer Richtung verlaufen und die konzentrischen elastischen Bildungen auf weite Entfernung hin untereinander und namentlich auch mit den beiden Elastiken in Verbindung setzen und
   2. in mehr schräg verlaufende Fasern, die die benachbarten konzentrischen Bildungen mehr in der Querschnittsebene verbinden.“

Der Begriff der radiären Fasern findet sich hier also schon völlig klar angewendet.

Grünstein, ein Schüler Schiefferdeckers, übernimmt ihn in seiner im gleichen Jahre im „Archiv für mikroskopische Anatomie“ veröffentlichten Arbeit. Ausserdem befindet sich bei ihm noch folgende Anmerkung über die Iliaca communis eines 50jährigen Mannes: „Auf Längsschnitten sieht man an vielen Stellen von der Adventitia aus eigentümliche, bald dickere, bald dünnere Zapfen von elastischem Gewebe in die Media hineinragen. Diese Zapfen werden dann durch bogenförmige, mit der Convexität nach der Media

hinstehende elastische Fasern miteinander verbunden, wodurch die in der Nähe der Adventitia liegende Muskulatur der Media in einzelne Abschnitte getrennt wird." Ausser in diesem Falle findet er diese Bildung nur noch einmal in der Iliaca communis eines 17jährigen Mädchens.

Diesen Angaben gegenüber verhält sich v. Ebner in der von ihm besorgten 6. Auflage von v. Köllikers „Handbuch der Gewebelehre des Menschen" sehr skeptisch. In Anbetracht der Tatsache, dass sich eine Arterie vermöge ihrer Elastizität beim Herauspräparieren aus der Leiche verkürzt, während zugleich der Umfang zunimmt, hält er es für begreiflich, „dass bei so komplizierten Spannungsänderungen die Gewebselemente verschoben werden und dass dabei auch „Radiärfasern" auftreten können, die in vivo sicher nicht vorhanden sind."

Dagegen macht Dürck 1907 eine Mitteilung über das Vorkommen nicht nur einzelner Radiärfasern, sondern sogar ganzer Netzwerke, die durch sie gebildet werden. Sie verlaufen über kürzere oder weitere Strecken der Media, ja von einer Elastica zur andern. Deutlich erkennt er ihren Ansatz und verfolgt, wie sie dann straff gespannt radiär einstrahlen. Er hält dieses Zusammenhängen der gesamten elastischen Elemente für eine gute Stütze der Bonnetschen Ansicht, dass Elastica interna wie externa zur Media gehören und dass es am zweckmässigsten ist, die alte Einteilung der Gefässhäute in Intima, Media und Adventitia ganz fallen zu lassen zugunsten der Bezeichnungen Endothelrohr und perithele Gefässwand. Die physiologische Wirksamkeit der Radiärfasern denkt Dürck sich so, dass sie vermöge ihrer Elastizität automatisch als Gegenspieler der sich auf vasomotorischen Nervenreiz kontrahierenden Muskulatur wirken. Lässt die Kontraktion der Ringmuskulatur nach, so suchen die Radiärfasern selbsttätig in ihre Ruhelage zurückzukehren und bewirken so eine Lumenerweiterung des Gefässes. Im selben Jahre berichtet auch Bonnet selbst noch über die feinere Struktur des elastischen Gewebes und spricht sich dahin aus, dass das gesamte elastische Gewebe der Arterienwandungen als einheitliches Gerüstwerk überall miteinander in Verbindung stehe. Insbesondere macht er Mitteilungen über die von ihm entdeckten Bogen- und Gabelfasern: die Bogenfasern, besonders schön entwickelt in der A. lienalis, ziehen sich auf Querschnitten durch längere Strecken mit gegen das Gefässlumen gerichteter Konkavität von einer Faltenkuppe der Elastica interna zur andern. Sie wirken bei der Flächenspannung der Gefässe und sind gut nur an Schnitten durch in Systolestellung fixierte Gefässe zu beobachten. Die Gabelfasern dagegen entspringen an der Innenfläche der Elastica externa und entstehen durch Teilung einer wechselnd langen und dicken Faser. Ihre verschieden langen und bogenförmig geschwungenen Schenkel richten ihre Konvexität stets gegen das Gefässlumen und inserieren an inneren, diesen näher gelegenen elastischen Platten oder an der Elastica interna selbst. Sie sind ebenso wie die Radiärfasern vorwiegend mit der Dickenspannung der Gefässe betraut.

Infolge der Dürckschen Veröffentlichung schenkte man den Radiärfasern nun grössere Beachtung, und in der Literatur begann sich dafür die Bezeichnung „Dürcksche Fasern" einzubürgern. Das veranlasste 1911 Rothfeld zu einer Richtigstellung auf Grund der Literatur. Zugleich gibt

er eine Einteilung der radiären Faserelemente nach ihrer Herkunft. Er unterscheidet:

1. feinere radiäre Fasern, die von der Elastica externa oder der innersten Schicht der Adventitia direkt als solche abgehen und gleich einen radiären Verlauf annehmen (Schiefferdecker, Grünstein, Dürck), und
2. solche, welche von einem mit den elastischen Elementen der Adventitia in Zusammenhang stehenden Knäuel ihren Anfang nehmen, und
3. welche vom Zerfall einer dicken, durch die Media radiär verlaufenden Faser herrühren.

Bonnet berichtet 1912 über den Bau der Arterienwand unter besonderer Berücksichtigung des elastischen Gewebes, für das er nach Triepels Vorschlag die Bezeichnung „gelbes Bindegewebe" gebraucht. In seinen Ausführungen legt er besonderes Gewicht auf die physiologischen Bedingungen, denen der Arterienbau in seinem Verlaufe vom Herzen bis zu den Kapillaren von Strecke zu Strecke in ständigem Wechsel unterliegt. Ihnen kommt die den Wandungsbau beeinflussende und gestaltende Kraft zu. Deshalb hält er es für gerechtfertigt, die bisher übliche rein topographische und durchaus nicht allgemein durchführbare Nomenklatur fallen zu lassen zugunsten einer auf physiologische Gesichtspunkte gestützten Bezeichnungsweise, die nach seiner Meinung den wechselnden Bau der Arterien verständlicher macht. Demgemäss scheidet er die Wandungen in drei nach ihrer physiologischen Funktion verschiedene Teile, nämlich

1. in das Endothelrohr, das den Stoffaustausch vermittelt und die Blutgerinnung verhindert,
2. in die eigentliche Gefässwand, die perithele Wand im topographischen Sinne oder die Accessoria (Schiefferdecker); sie umfasst die subendotheliale oder streifige Lage, die Elastica interna, Musculo-elastica und die Elastica externa der Autoren. Sie regelt die Blutbewegungen. Ihr Bau ist bedingt durch funktionelle Anpassung an die von innen wirkenden hämodynamischen Kräfte und die das Arterienrohr von aussen her beeinflussenden mechanischen Bedingungen.
3. In das die Arterienwand an die Umgebung festheftende Gemisch von gewöhnlichem und gelbem Bindegewebe, die Externa, Adventitia oder Conjunctiva, wie man sie ihrer funktionellen Leistung nach vielleicht am besten bezeichnet. Sie wird charakterisiert durch den Mangel an glatter Muskulatur, der allein für ihre Abgrenzung von der Accessoria massgebend ist.

Die Radiärfasern teilt Bonnet ein in solche, die

1. entweder nur zwischen benachbarten elastischen Lamellen, oder
2. durch die ganze Dicke der Accessoria von der Elastica interna bis zur Elastica externa, oder
3. nur bis zu der der Elastica interna zunächst gelegenen Lamelle ausgespannt sind.

Über die Gabelfasern macht er noch die Bemerkung, dass sie nicht nur die Dicken-, sondern auch die Flächenspannung der Accessoria beeinflussen. Auch sollen sie oft spalierbaumartig verzweigt erscheinen. Sie würden dann

einen Übergang zu den von Rothfeld beschriebenen Radiärfasern bilden, die durch Zerfall einer dicken, durch die Media radiär verlaufenden Faser herrühren sollen.

Fassen wir nun kurz die hier zusammengestellten Ansichten zusammen, so lässt sich zunächst sagen, dass ihnen gegenüber die Bedenken v. Ebners, es könne sich bei den Radiärfasern und ähnlichen Gebilden um Kunstprodukte handeln, hinfällig erscheinen. Die Einteilung der nicht konzentrischen elastischen Elemente zeigt folgendes Bild. Ihre weitaus grösste Masse verläuft in der Hauptsache in radiärer Richtung und wird demgemäss als Radiärfasern bezeichnet. Von Schiefferdecker, Grünstein und Bonnet werden diese zunächst übereinstimmend gegliedert in solche, die nur benachbarte elastische Lamellensysteme in annähernd radiärer Richtung verbinden. Diesen verhältnismässig kurzen Fasern setzt dann Schiefferdecker alle die übrigen zahlreichen Modifikationen gegenüber, die die elastischen Lamellensysteme auf weitere Strecken in radiärer Richtung verbinden, während Bonnet diese noch weiter einteilt in solche, die die gesamte Accessoria durchmessen und solche, die nur die Elastica interna mit den zunächst liegenden Lamellensystemen verbinden. Alle diese Gattungen zusammen setzt Rothfeld als „feinere elastische Fasern" den büschelförmig an der Elastica externa entspringenden und den aus dem Zerfall einer einzelnen starken Radiärfaser entstehenden gegenüber, während Dürck nur die von Rothfeld unter 1) zusammengestellten Fasern erwähnt und auf ihre weitere Gliederung nicht eingeht. Ausserdem unterscheidet Bonnet noch die Bogenfasern und die Gabelfasern, die eine spalierbaumartige Abänderung erfahren können, und endlich berichtet Grünstein über zwei Fälle von bogenförmigen Fasern longitudinalen Verlaufs, die an der Elastica externa an einem Zapfen entsprangen und ihre Konvexität der Media zukehrten, denen er aber weiter keine nähere Bezeichnung zulegte.

2. Allgemeines über Arterienwandungen.

Nach diesen Erörterungen über die Kenntnis der Radiärfasern wollen wir zu den Arbeiten übergehen, die sich auch mit Arterien der Anamnien und Sauropsiden befassen. Hier sind drei Autoren zu nennen, Suchard, Argaud und Dragendorf. Dragendorf beschreibt die besonders in den Amphibien- und Reptilienarterien auftretenden, in das Gefässlumen hineinragenden Wulstbildungen, die beim Abgange von Gefässen in den Hauptgefässen entstehen und sehr verschiedenartig gestaltet sein können. Da er aber auf die Histologie der betreffenden Gefässe nicht eingeht, kommt seine Arbeit für unsere Zwecke nur erst in zweiter Linie in Betracht. Ähnlich liegt es mit der Arbeit von Suchard, die spezielle Verhältnisse, insbesondere die Brückeschen Klappenbildungen bei einigen Amphibien untersucht. So bleibt denn als hauptsächliche Stütze die Arbeit von Argaud, die freilich auch derart umfassend und gut ist, dass sie für unsere Zwecke vollauf genügt. Er beschreibt in ihr die Arterienwandungen von Vertretern der Mollusken und sämtlicher Wirbeltierklassen aufwärts bis zum Menschen. Da er zugleich auch eine sehr erschöpfende, bis auf Aristoteles und Hippokrat zurückgehende

historische Übersicht über die Kenntnis vom Bau der Arterienwandungen gibt, so möge hiermit auf diese Arbeit ausdrücklich hingewiesen werden als der vollständigsten, die uns über den Bau von Arterienwandungen bekannt geworden ist.

Da für unsere eigenen Untersuchungen in dieser Arbeit von Argaud der natürliche Stützpunkt gegeben ist, wollen wir ihre Ergebnisse, soweit sie für uns von Wichtigkeit sind, im folgenden mitteilen.

Argaud findet bei den Mollusken keinerlei echte elastische Substanz, dafür aber eine Gewebsart, die zwar alle die physikalischen Kennzeichen der elastischen Fasern besitzt, aber nicht deren Färbungsreaktionen. Die Muskulatur der Media besteht aus quergestreiften Muskelfasern.

Bei den Cyclostomen fehlt die elastische Substanz ebenfalls noch. Sie erscheint in der Wirbeltierreihe erst bei den Selachiern und bildet in Form von elastischen Fäserchen dort das vorherrschende histologische Element in der Media der Fischarterien. Elastische Lamellen dagegen kommen nur im Truncus arteriosus einiger Arten vor. Die Muskelfasern sind bei den Fischen, wie überhaupt bei den Wirbeltieren, glatt.

Bei den Lurchen fehlen die konzentrischen Lamellen vollständig. Hier gibt es nur ein Netzwerk von Fasern und Fäserchen, in dessen Maschen die Muskelfasern eingeschlossen sind.

Die grösseren Arterien der Reptilien und Vögel gehören in ihren proximalen Teilen zum elastischen Typ. Bei den Reptilien geht der Übergang vom elastischen zum muskulösen Typ in diesen Hauptgefässen sehr langsam vor sich, in den Eingeweidearterien dagegen sehr schnell und schroff. Bei den Vögeln ist er auch in der Aorta schroff und nur in den Carotiden und Flügelarterien allmählich und langsam.

Beim menschlichen Embryo tritt das elastische Gewebe nach Argaud schon im dritten Monat auf, besitzt dann aber, ähnlich wie bei den Mollusken, nur erst dessen physikalische Eigenschaften, aber noch nicht dessen Färbbarkeit. Der Übergang vom elastischen zum muskulösen Typ geht bei den Säugern langsam vor sich in den grossen und den Extremitätenarterien, sehr plötzlich dagegen in den Eingeweidearterien. Die Stärke der elastischen Elemente der Adventitia steht immer im umgekehrten Verhältnis zu denen der Intima.

Nach Argaud können in allen drei Tuniken der Arterienwandung längsverlaufende glatte Muskelfasern vorkommen, also auch in der Adventitia, teils einzeln, teils zu Bündeln zusammengeschlossen, und zwar in erheblich grösserer Anzahl, als gewöhnlich beschrieben wird. Ja in manchen Arterien, z. B. der Iliaca primitiva, bilden sie in der Adventitia richtige zusammenhängende Lagen, die an Breite der Media gleichkommen können.

Liegt eine Arterie einem weichen Organ auf, z. B. einem Muskel oder einem Eingeweide, so zeigt der anliegende Teil der Gefässwandung eine Verringerung der Dicke, ist sie auf einem festen Widerlager, einem Knochen oder Knorpel, festgeheftet, so können an der Anheftungsstelle die Muskelfasern und das elastische Gewebe sogar vollständig verschwinden.

Der Reichtum eines Gefässes an elastischen Fasern kann als Maßstab für den Blutdruck gelten, da diese beiden im direkten Verhältnis zueinander stehen.

Auf Grund seiner Untersuchungen versucht Argaud eine neue Einteilung der Arterien, die die alte, von Ranvier aufgestellte, in solche vom elastischen und muskulösen Typ bedeutend erweitert. Er unterscheidet:

A. Arterien ohne elastische Elemente. Als Ersatz für die elastischen Fasern findet sich eine Art von schwachen, hyalinen, lichtbrechenden Fasern, die sich verzweigen und miteinander anastomosieren wie die elastischen Fasern, aber nicht deren elektive Farbreaktionen (Affinität zum Orcein und Resorcinfuchsin) besitzen.
   1. Arterien mit gestreiften Muskelfasern. Hierher gehören die Arterien der Cephalopoden.
   2. Arterien mit glatten Muskelfasern. Nur bei den Cyclostomen.

B. Arterien mit elastischen Elementen.
   1. Muskulöser Typ. Hier herrscht in der Media die glatte Muskulatur vor, die nur von sehr spärlichen und schwachen elastischen Fäserchen durchzogen wird, so dass die Elastica interna die einzige stark hervortretende elastische Bildung ist.
   2. Elastischer Typ. Hier herrscht das elastische Gewebe vor, und zwar in Gestalt starker konzentrischer Lamellen, die die gesamte Media durchziehen und an Stärke der Elastica interna ganz oder doch annähernd gleichkommen.
   3. Arterien vom gemischten Typ. Hier sind Muskulatur und elastisches Gewebe ziemlich gleich stark verteilt. Die Elastica interna ist deutlich breiter und stärker als die übrigen, meist in Form von Netzwerk auftretenden elastischen Elemente der Media. Er tritt da auf, wo elastische Gefässe allmählich zum muskulösen Typ übergehen.
   4. Arterien vom hybriden Typ. Hierher gehören diejenigen Arterien, deren Media in ihrer histologischen Ausbildung eine Zweiteilung zeigt: einen innen gelegenen Teil vom muskulösen Typ, der als konzentrische Lage, als Sektor oder auch unregelmässig begrenzt auftreten kann, und eine äussere Lage vom elastischen Typ. Dieser hybride Typ zeigt sich überall dort gut ausgebildet, wo eine Arterie vom elastischen schroff und plötzlich gleich zum muskulösen Typ übergeht, weniger deutlich, wenn eine noch an elastischen Elementen reiche Arterie vom gemischten Typ plötzlich zum muskulösen wechselt.
   5. Arterien vom aberranten Typ. Hierin fasst Argaud alle Arterien zusammen, die grösseren funktionellen Abänderungen unterliegen, wie die A. uterina, A. umbilicalis u. a. mehr.

Man erkennt aus dieser Einteilung, dass der elastische und muskulöse Typ Anfangs- und Endform darstellt, der hybride und gemischte dagegen Übergangsformen, die sämtlich fliessen, d. h. ohne Sprung ineinander übergehen. Über die Art dieser Übergänge stellt Argaud ein Schema auf, das wir als Schluss unseres Referates hier noch mitteilen wollen, da die von ihm angewendete Bezeichnungsweise eine grössere Kürze in der Beschreibung erlaubt.

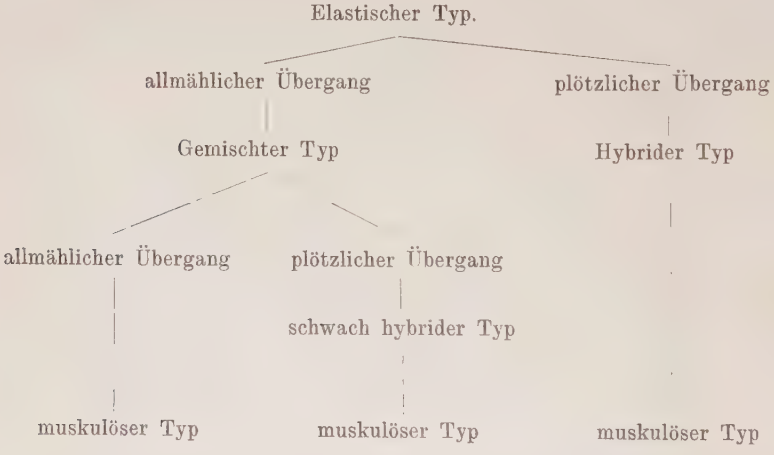
Argaud unterscheidet zwischen allmählichem und plötzlichem Übergang.

Beim allmählichen Übergange werden die Lamellen der elastischen Media hier und dort von Inseln glatter Muskelfasern unterbrochen, in denen sich die Lamellen aufspalten und allmählich immer weiter auflösen, erst in Fasern, dann in Fäserchen. Parallel hiermit geht das Abnehmen des Bindegewebes. Derartige Muskelinseln werden distalwärts immer häufiger, sodass schliesslich eine zusammenhängende Muskularis entsteht, in der ein wirres Netzwerk feinerer und gröberer elastischer Fasern eingeschlossen liegt. Dann ist der gemischte Typ erreicht.

Dieses dichte und wirre Netzwerk wird langsam schwächer und dürftiger. Zugleich nehmen die Muskelfasern noch mehr zu und das spärliche Bindegewebe verschwindet ganz. Schliesslich wird das elastische Netzwerk so dünn, dass die Fäserchen auf den einzelnen Schnitten isoliert erscheinen. Damit ist der muskulöse Typ erreicht.

Anders sieht der plötzliche Übergang aus. Hier taucht in der Nachbarschaft der Elastica interna plötzlich ein einzelnes Fleckchen Muskulatur auf, welches, distalwärts schnell wachsend, sich ausbreitet und schliesslich über den ganzen Umfang der Media sich ausdehnt. Dann ist ebenfalls der muskulöse Typ erreicht.

Die aus diesen beiden Übergangsformen sich ergebenden möglichen verschiedenen Zusammenstellungen zeigt das folgende Schema.



Zum Schluss der literarischen Erörterungen sei übrigens noch darauf hingewiesen, dass gleichzeitig mit Argaud, aber offenbar unabhängig von ihm, Baum und seine Schüler bei der Untersuchung von Haustierarterien zu teilweise den gleichen Ergebnissen kamen wie Argaud, die wir hier aber nicht weiter aufführen können, weil sie über den Rahmen unserer Untersuchungen hinausgehen würden.

II. Eigene Untersuchungen.

1. Material, Methoden, Nomenklatur.

Die vorliegenden Untersuchungen erstrecken sich über die Klassen der Fische, Amphibien, Reptilien und Vögel, und zwar derart, dass aus jeder Klasse ein Vertreter als Hauptuntersuchungsobjekt ausgewählt und einige weitere Vertreter zur Nachprüfung herangezogen wurden. Für die Wahl des Hauptvertreters war das Maß der Körpergrösse ausschlaggebend, da es wahrscheinlich erschien, dass die zu untersuchenden Verhältnisse sich bei grösseren Tieren in ausgeprägterem Maße finden würden, weil dort die hämodynamischen und mechanischen Kräfte beträchtlicher sind und ihr Ineinandergreifen und ihre Wirkungsweise auf die Blutbahnen sich verwickelter gestaltet als bei nur kleinen Organismen. Demgemäss wurden gewählt als Vertreter

der Selachier: Acanthias vulgaris, Galeus canis,
der Teleosteer: Carassius auratus,
der Amphibien: Cryptobranchus japonicus, Rana esculenta,
der Reptilien: Iguana tuberculata (Lacerta agilis, Tropidonotus natrix, Pelias berus),
der Vögel: Anas boschas, Anser domesticus (Fulica atra, Columba domestica, Garrulus glandarius, Chloris chloris).

Die technische Behandlung des Materials geschah in der Weise, dass die Gefässe aus den mit Chloroform getöteten Tieren herauspräpariert, mit Marken versehen und sogleich in absolutem Alkohol gehärtet, dann nach entsprechender Nachbehandlung in Paraffin von 63° Schmelzpunkt eingebettet wurden. Als zweckmäßigste Schnittdicke hat sich für die vorliegenden Verhältnisse 10 μ herausgestellt. Dünnere Schnitte liessen nur allzuhäufig die Verfolgung des gesamten Verlaufes der Fasern nicht zu, da dieser durchaus nicht immer genau in der Querschnittsebene erfolgt. Die vorkommenden Abweichungen von ihr sind zwar nur gering, aber immerhin doch auf Schnitten von z. B. 5 μ Dicke merklich.

Als Färbemittel wurde für das elastische Gewebe ausschliesslich das Weigertsche Resorcinfuchsin verwendet, das sich dem Orcein sehr überlegen erwies. Freilich reichte die in Krauses Encyklopädie angegebene Färbungsdauer von ½ Stunde

zumeist nicht aus, um die zur Darstellung der feineren elastischen Elemente nötige Tiefe der Färbung zu bewirken, und sie musste deshalb sehr verschieden verlängert werden. Zumeist lagen die Schnitte über Nacht in der Farblösung. Eine halbe Stunde genügte im allgemeinen, um sie dann in 85 %igem Alkohol ausreichend zu differenzieren. Als Nachfärbungsmittel wurde durchgehend das Hansensche Pikrofuchsin verwendet, zur Kernfärbung gelegentlich Boraxkarmin in Stückfärbung und Alaunkarmin in Schnittfärbung.

Mitunter erwies es sich als notwendig, die Gefäßstücke vor der Paraffineinbettung durch Zedernholzöl zu bringen. Das hatte trotz häufigen Paraffinwechsels bei der Einbettung den Nachteil, dass das Resorzinfuchsin nun nicht mehr elektiv das elastische Gewebe färbte, sondern in etwas schwächerem Maße auch das gewöhnliche Bindegewebe. Durch verlängertes Differenzieren in 85%igem Alkohol und selbst in Salzsäurealkohol liess sich der Übelstand nicht beseitigen, bis der natürliche Ausweg eingeschlagen wurde, das noch in den Schnitten befindliche Zedernholzöl ihnen gleich zu Anfang des Färbeprozesses, nach dem Entparaffinieren in Xylol, durch längeren Aufenthalt in absolutem Alkohol zu entziehen. Hiernach pflegte die Färbung wieder normal vor sich zu gehen.

Nomenklatur. Mit der Nomenklatur wollen wir es im folgenden so halten, dass wir für die verschiedenen Tuniken der Arterien die Bezeichnungen von Bonnet-Schiefferdecker wählen, nämlich Endothel, Accessoria und Conjunctiva, und uns dabei an die von Bonnet gegebenen Definitionen halten. In der Bezeichnung der Gefäßtypen und Übergänge möchten wir Argaud folgen und ebenfalls dessen Definition übernehmen. Bei der Benennung der Radiärfasern und sonstigen feineren elastischen Faserwerke wollen wir uns wieder Bonnets und daneben auch Rothfelds Unterscheidungen zu eigen machen und der Kürze halber folgendermaßen schreiben:

R_1 sind Radiärfasern, welche nur zwischen benachbarten elastischen Lamellen,

R_2, die durch die ganze Dicke der Accessoria von der Elastica externa zur Elastica interna,

R_3, die von der Elastica interna (oder externa) aus nur bis zu der dieser zunächstliegenden Lamelle ausgespannt sind, ferner sind

R_4 solche, welche von einem mit den elastischen Elementen der Conjunctiva in Zusammenhang stehenden Knäuel ihren Anfang nehmen, und

R_5 solche, die vom Zerfall einer dicken, durch die Accessoria radiär verlaufenden Faser herrühren.

Weitere Bezeichnungen werden sich im Laufe der Arbeit noch ergeben.

2. Arterienwandungen bei Fischen.

Argaud beschreibt bei den Fischen den Truncus arteriosus, die Radices aortae, die Aorta dorsalis und abdominalis und die A. caudalis von Acanthias für die Selachier und den Truncus arteriosus, die Aorta dorsalis und die darin vorkommenden Klappen von Chrysophrys aurata für die Teleosteer. Überall findet er die Elastica interna unmittelbar unter dem Endothel liegend. Die Media besitzt nur im Truncus Lamellen, sonst zeigt sie überall muskulösen Typ mit meist spärlichen elastischen Fasern. Während in der Aorta von Acanthias die Media als zusammenhängende Muskularis ausgebildet ist, mit dicht nebeneinander gelagerten Muskelfasern, besteht sie bei Chrysophrys in der Hauptsache aus Bindegewebe, in dem in der Nachbarschaft der Elastica interna einige zerstreute Muskelfasern liegen. Da eine Trennung von Media und Adventitia somit nicht besteht und eine Intima fehlt, stellt sich die Aorta Descendens als ein noch ganz primitives undifferenziertes Gefäss dar. Sonst enthält die Adventitia ziemlich lockeres Bindegewebe mit reichlichen elastischen Elementen. Überall dort, wo die Aorta descendens der Wirbelsäule anliegt, findet eine beträchtliche Verringerung der Wandungsdicke statt.

Unsere eigenen Untersuchungen beschränken sich bei den Fischen auf nur wenige Arterien, nämlich auf die Aorta descendens und je eine A. mesenterica von Acanthias vulgaris und Galeus canis bei den Selachiern und auf die Aorta descendens und Aorta caudalis von Carassius auratus bei den Teleosteern.

Acanthias vulgaris.

Bei Acanthias besitzt die mittlere Aorta in der freien ventralen Wandungshälfte eine geringe Bindegewebslage zwischen Endothel und Elastica interna. Die Accessoria ist teils zum hybriden, teils zum gemischten Typ zu rechnen, je nachdem sich in der weiten Wandung noch stärkere elastische Lamellen finden oder nicht mehr. Sie besteht zum grösseren Teile aus Muskulatur, jedoch ist neben den elastischen Elementen auch viel Bindegewebe vorhanden. Die elastischen Fasern sind grösstenteils Zirkulärfasern, es finden sich nur wenige Radiärfasern, nach

Bonnet R_1 und R_3 Fasern, so dass die eigentliche Netzwerkbildung spärlich ist. Die Gewebselemente verlaufen alle konzentrisch, im Gegensatz zu den longitudinal angeordneten der Conjunctiva. Durch diese verschiedene Faserverlaufsrichtung sind die beiden Tuniken auch dort gut getrennt, wo sich keine elastischen Lamellen an der Grenze der Accessoria mehr finden. Die Conjunctiva besitzt eine beträchtliche Mächtigkeit.

Dagegen fehlt der dorsalen, an die Wirbelsäule festgehefteten Wand der mittleren Aorta eine Accessoria vollständig. Die an das Perichondrium sich anschliessende, nur noch sehr schwache Wandung ist rein bindegewebig, mit sehr spärlich eingelagerten elastischen Längsfasern. Sie ist also lediglich Conjunctiva. Elastische Faserwerke kommen nicht vor. Sogar die Elastica interna fehlt.

Die A. mesenterica wurde in ihrem mittleren Verlaufe untersucht. Sie gehört dem muskulösen Typ an. Die Elastica interna liegt unmittelbar unter dem Endothel. Die Accessoria besteht aus zwei Lagen, einer inneren, konzentrisch angeordneten Muskularis mit wenigen Zirkulär- und Radiärfasern von der Art R_1 und R_3, in der sich Netzbildungen nur in sehr beschränktem Maße finden, und einer äusseren, longitudinal verlaufenden Schicht von einzeln oder in Bündeln in Bindegewebe und elastische Elemente eingelagerten Muskelfasern. Diese äussere Schicht der Accessoria geht ohne feste Abgrenzung allmählich in die Conjunctiva über. Die Conjunctiva ist hier aussergewöhnlich mächtig.

Galeus canis.

Bei Galeus canis zeigt die mittlere Aorta in der freien, ventralen Wand einen ähnlichen Zwittertyp wie bei Acanthias. In der sonst rein konzentrischen, muskulösen und bindegewebsfreien Accessoria treten gelegentlich noch elastische Lamellen auf, die der Elastica interna an Stärke durchaus nicht nachstehen, obwohl die Durchschnittsstärke der Fasern nur noch gering ist. Die elastischen Elemente bilden ein üppiges Netzwerk aus den Lamellenresten, zahlreichen Zirkulärfasern und noch zahlreicheren Radiärfasern, die hier als R_1, R_2 und R_3 Fasern vorkommen, häufig auch wie Gabelfasern erscheinen. Doch scheinen echte Gabelfasern hier noch nicht vorzukommen, vielmehr dürfte es sich um Zirkulärfasern handeln, die durch eine gestraffte Radiär-

faser an der Insertionsstelle aus ihrer ursprünglichen Lage heraus und nach aussen zu gezogen werden. Zwischen Endothel und Elastica interna ist wieder eine schmale Lage Bindegewebe eingelagert. Die Conjunctiva besteht aus longitudinalem Bindegewebe von grosser Mächtigkeit. Sie ist infolge der verschiedenen Faserverlaufsrichtung von der Accessoria scharf getrennt. Muskelfasern enthält sie nicht mehr, ist also echte Conjunctiva. Die innersten, sehr starken elastischen Längsfasern bilden gegen die Accessoria zu eine Art Limitans externa.

Die dorsale, an die Wirbelsäule festgeheftete Wand besitzt im Gegensatz zu der von Acanthias noch eine dünne Accessoria. Sie zeigt einen merkwürdigen Aufbau. Unter dem Endothel fehlt zunächst die Elastica interna. Sobald nämlich die Aortenwand sich auf die Wirbelsäule auflagert, wird die Elastica interna dünner und dünner und verschwindet schnell für die Beobachtung. In einem Falle konnte auch ein unter Körnchenbildung stattfindendes Verschwinden festgestellt werden, d. h. die Elastica interna löst sich in ein Netz elastischer Längsfasern auf, deren Querschnitte als kleine runde Körnchen erscheinen. Es scheint daher auf das Endothel sogleich die an Breite stark reduzierte Accessoria zu folgen, deren konzentrische Gewebselemente dicht aneinandergedrängt liegen: neben Bindegewebe und spärlichen schwachen Zirkulärfasern auch sehr schmale Muskelfasern, deren langgestreckte Kerne häufig deutlich zu erkennen sind. Dann kommt die Conjunctiva als gleichschwache Lage aus Bindegewebe und zahlreichen elastischen Längsfasern, und darauf erst das Perichondrium der Wirbelkörper.

Die A. mesenterica wurde kurz nach ihrem Abgange von der Aorta untersucht. Sie ist von muskulösem Typ und besitzt eine geschlossene, bindegewebsfreie Accessoria. Die Elastica interna liegt unmittelbar unter dem Endothel. In der Accessoria herrscht wieder eine starke Netzbildung, noch stärker als in der Aorta descendens, allerdings mit dem Unterschiede, dass hier die elastischen Elemente weit zierlicher und schwächer sind als in der Aorta descendens. Hier finden sich neben den zahlreichen R_1 und R_3 Fasern auch die langen R_2 Fasern, die die gesamte Accessoria durchspannen, häufig in grösserer Zahl dicht nebeneinander. Die Conjunctiva ist von beträchtlicher Mächtigkeit und besteht aus longitudinalem Bindegewebe mit ein-

gelagerten elastischen Längsfasern, die gegen die Accessoria auch hier eine Art Limitans externa bilden. Longitudinale Muskelfasern kommen dagegen in ihr nicht vor.

Carassius auratus.

Sehr schwach und nur wenig differenziert sind die Wandungen der Aorta descendens und Aorta caudalis von Carassius auratus. Sie bestehen in der Hauptsache aus Bindegewebe. Die dünne Elastica interna scheint sich nicht, wie bei den Haien, nur auf die ventrale Gefässwand zu beschränken, sondern einen auch dorsal geschlossenen Ring zu bilden. Radiärfasern finden sich hier garnicht.

Zusammenfassung.

Die untersuchten Haifischarterien zeigen folgende Eigentümlichkeiten. In der Aorta ist zwischen Endothel und Elastica interna noch eine schwache Lage Fibrillengewebe eingeschaltet, in den A. mesentericae nicht. Die Aorten gehören in ihren mittleren Teilen einem Übergangstyp an, den man bald als gemischten, bald als hybriden bezeichnen möchte. Die A. mesentericae dagegen sind muskulös oder doch nahezu muskulös. In den Aorten finden sich die kurzen Radiärfasern und Netzbildungen, bei Galeus stärker als bei Acanthias. In den A. mesentericae finden sich ausserdem auch noch die langen R_2 Fasern, und zwar in den proximalen Teilen von Galeus häufiger als in den mittleren von Acanthias. Im allgemeinen ist die Accessoria rein konzentrisch gebaut, dagegen besitzt die Conjunctiva rein longitudinalen Faserverlauf, weswegen sich die beiden Häute gut voneinander abheben. Meist bilden in den innersten Lagen der Conjunctiva die dort besonders starken elastischen Längsfasern eine Art Limitans externa gegen die Accessoria hin. Bei Acanthias besitzt die Accessoria in den mittleren Teilen der untersuchten A. mesentericae ausserhalb der Ringmuskelhaut noch eine longitudinale Lage von Muskulatur und Bindegewebe nebst elastischen Elementen, die ohne Begrenzung allmählich in die Conjunctiva übergehen. Die dorsale, an die Wirbelsäule angeheftete und daher sehr dünne Wand der Aorta besitzt keine Elastica interna mehr, bei Acanthias nicht einmal eine Accessoria.

Die Arterien von Carassius sind nur wenig differenziert und bestehen in der Hauptsache aus Bindegewebe.

3. Arterienwandungen bei Amphibien.

Bei den Amphibien kamen die Gefässe von Cryptobranchus japonicus und Rana esculenta zur Untersuchung. Als Grundlage für die topographische Anatomie dienten dabei die Monographieen von Hyrtl und Ecker-Gaupp, deren Nomenklatur auch im folgenden verwendet werden soll. Histologische Arbeiten über Amphibienarterien liegen nur vor von Argaud und Suchard, einiges findet sich auch bei Dragendorf.

Argaud hat in seiner Arbeit die Gefässe von Rana untersucht und beschreibt Schnitte durch den Truncus arteriosus, die Aorta descendens, die A. subclavia und A. iliaca mit ihren Verzweigungen, die A. intestinalis communis und die A. pulmonalis. Seine Zusammenfassung darüber mag hier angeführt werden:

Die Intima ist bei Rana auf die Limitans interna und das Endothel reduziert. In der Media findet man nirgends eigentlich elastische Lamellen, auch nicht im Truncus arteriosus, abgesehen natürlich von der Elastica interna. Die elastischen Elemente sind vielmehr nur zart, verzweigen sich häufig und bilden so ein elastisches Netz, in dessen Maschen sich die glatten Muskelfasern finden. Die Adventitia enthält zahlreiche Chromoblasten und Vasa vasorum. Die Strukturveränderungen in den Gefässwandungen sind so ziemlich überall die gleichen und erstrecken sich hauptsächlich auf die Media. In dem Maße, wie man sich vom Ursprunge der Gefässe entfernt, nähern sich die anfangs spärlichen und durch die Bindegewebslagen getrennten Muskelbündel allmählich und bilden schliesslich eine zusammenhängende Muskularis.

Nach diesem Befunde von Argaud hat es das Aussehen, als ob die Amphibienarterien weiter keine besonders interessanten Eigentümlichkeiten bieten würden. Und doch scheinen uns gerade diese Amphibienarterien zu den interessantesten zu gehören. In ihnen ist nämlich in überraschend starkem Maße das Bindegewebe am Wandungsaufbau beteiligt, sodass durch sie geführte Schnitte meist einen eigentümlichen, man möchte sagen bindegewebigen Typ zeigen. Eine weitere Eigentümlichkeit besteht darin, dass zumeist die Accessoria und die Conjunctiva ohne scharfe Grenze, mitunter ganz unmerklich ineinander übergehen. Diesen beiden Besonderheiten verdanken die Amphibienarterien ihren von dem der Amniotenarterien so sehr abweichenden histologischen Ha-

bitus. Auch Argaud sind diese beiden Eigentümlichkeiten aufgefallen. Er erwähnt die erstere bei der Schilderung der Art. subclavia und die andere bei der der A. pulmonalis. legt ihnen aber weiter keine besondere Bedeutung bei, wie daraus hervorgeht, dass er sie in der oben angeführten Zusammenfassung nicht erwähnt. Bei der Untersuchung der Arterien von Cryptobranchus wurde uns aber klar, dass es sich hier um charakteristische Merkmale für die Gefässe der Amphibien handelt, die sich bei Cryptobranchus klar ausgeprägt finden, bei Rana auch noch vorhanden sind, aber schon etwas zurücktreten zugunsten einer Annäherung an die Gefässtypen der Amnioten. Da wir diese Verhältnisse bisher noch nirgends beschrieben fanden, so soll im folgenden näher darauf eingegangen werden.

Cryptobranchus japonicus.

1. Topographisches. Bei Cryptobranchus erscheint der Truncus arteriosus äusserlich in seinem ganzen Verlaufe als ein einheitliches Gefäss. Tatsächlich ist er es aber nur in seinem proximalen Teile. Distalwärts beginnt er sich durch Ausbildung eines Septum horizontale in das dorsale Cavum pulmonale und das ventrale Cavum aorticum, dann durch weitere Septenbildung in die Carotis- und Aortenbögen zu teilen, sodass das distale Ende des Truncus schliesslich nicht weniger als 10 Arterien verlassen. Die Carotidenbögen sind nur wenig stark. Sie entsenden die Arteriae hyoideolingualis und maxillaris, versorgen also nur den Gesichtsschädel. Von den Aortenbogenpaaren gibt der Arcus posterior, der der bei weitem stärkere ist, die Art. pulmonalis ab, diese später wieder die Art. cutanea magna. Dann vereinigt er sich wieder mit dem Arcus anterior zum Arcus Aortae, und dieser gibt nun nacheinander drei Gefässen ihren Ursprung: einer sich sogleich in die Art. maxillaris externa und Art. sublingualis teilenden Arterie, ferner der ansehnlichen Carotis interna und darauf noch der Art. vertebralis collateralis. Dann schliessen sich rechter und linker Aortenbogen in der Radix Aortae etwa in der Höhe des zweiten Wirbels zur Aorta descendens zusammen. Bald hinter der Radix am 5. Wirbel gibt die Aorta descendens beiderseits die A. subclavia ab, der die Arterien der vorderen Extremitäten entstammen. Darauf folgen in kurzen Zwischenräumen die Abgänge der Eingeweidearterien. Zunächst eine A. gastrica anterior, die den Oesophagus und Ventrikel versorgt, dann eine A. gastro-mesenterica, die sich gleich in eine A. gastrica posterior und eine A. mesenterica prima teilt. Die erstere ernährt Milz, Cardia und Pylorus, die andere das Pankreas, den Pylorus und etwa ein Drittel des Dünndarmes. Darauf folgen 3 bis 5 Arteriae mesentericae accessoriae und weiter eine A. mesenterica posterior. Schliesslich sind noch gegen 24 Urogenitalarterien vorhanden, die in der Hauptsache sich zu den Oviducten wenden und in die Nieren nur je einen schwachen Zweig abgeben, sowie 18 Arteriae ovaricae und 5 Arteriae spinalis, die mit der Arteria vertebralis

collateralis anastomosieren. Im Becken selbst kommen endlich noch als letzte Gefässe ein als A. epigastrica posterior bezeichnetes Arterienpaar hinzu, das zugleich mit den beiden Arteriae crurales den Schluss macht. Kurz darauf verschwindet die Aorta descendens als Aorta caudalis im Schwanze.

Untersucht wurden hiervon die Aorta in ihrem ganzen Verlaufe vom Truncus arteriosus bis in das Becken hinab, und zwar in Schnittserien, die ihr in kurzen Abständen hintereinander entnommen wurden, ferner die A. Carotis interna, die A. gastrica posterior und die A. lienalis, die A. mesenterica posterior mit einigen Verzweigungen, Renalarterien und die A. pulmonalis in ihrem Verlaufe in der Lunge.

In dieser Reihenfolge mag auch im folgenden ihre Histologie besprochen werden.

2. Histologisches. Truncus arteriosus. Schnitte durch den Truncus arteriosus zeigen uns, dass die in ihm lagernden Carotiden- und Aortenbögen dem elastischen Typ angehören. Sie weisen alle den gleichen abwechselungsreichen Bau auf. Die Elastica interna liegt unmittelbar unter dem Endothel, wie es für die Amphibienarterien die Regel ist. Auf sie folgen noch drei bis vier weitere elastische Lamellen, zwischen denen schwache Muskelfasern und Bindegewebsbänder lagern. Die darauf folgenden konzentrischen, elastischen Systeme bestehen nicht mehr aus Lamellen, sondern aus gröberen elastischen Fasern, deren je zwei eine schmale Muskelfaser einfassen und in ihrem ganzen Verlaufe parallel wie zwei Bahngleise begleiten. Die innersten dieser groben konzentrischen, elastischen Fasern sind nur schwer als solche zu erkennen. Man hat zunächst von ihnen den Eindruck echter elastischer Lamellen, bei näherer Prüfung gewahrt man aber, dass diese scheinbaren Lamellen aus zweien oder mehreren derben elastischen Fasern bestehen, zwischen denen schmale Bindegewebsfasern eingelagert sind, die sich beim Differenzieren nicht genügend entfärbt hatten und so den Anschein einer Lamelle hervorrufen. Da die Unterscheidung dieser Fasersysteme von echten Lamellen nicht immer leicht ist, so ist es nicht unmöglich, dass sich auch die von uns für echte Lamellen angesprochenen innersten konzentrischen elastischen Elemente gelegentlich als grobe Ringfasern erweisen werden. Diese konzentrisch verlaufenden Systeme von Muskulatur, Bindegewebe und elastischem Gewebe bilden den Hauptbestandteil der

Arterienwandung im Truncus. Jedoch finden sich überall auch longitudinal verlaufende Elemente eingestreut. Insbesondere sind in den innersten Lagen der Gefässe grössere Mengen von longitudinalen Muskelfasern und elastischen Fasern vorhanden, teils zwischen Endothel und Elastica interna, würden dann also der Tunica intima der Autoren entsprechen, teils erst hinter der Elastica interna, wobei es vorkommen kann, dass sie die überlagernden Schichten vorwölben und so frei in das Lumen hineinragende Leisten und Wülste bilden. Der Grund dafür mag in der ständig im Truncus erfolgenden Septenbildung liegen, die eine Kontraktionsfähigkeit der Wandungen in longitudinaler Richtung erforderlich macht.

Eine eigene Conjunctiva haben die einzelnen Gefässe des Truncus nicht ausgebildet, dafür findet sich aber eine das gesamte arterielle Gefässbündel umfassende gemeinsame äussere Hülle aus reinem Bindegewebe, die zugleich auch die Abrundung zum einheitlichen Truncus bewirkt. Innerhalb des Truncus stossen die Accessorien der benachbarten Gefässe teils direkt zusammen, teils findet sich, besonders zwischen den stärkeren Arterienbögen, ein lockeres bindegewebiges Septum, das aber immer noch zahlreiche longitudinal wie konzentrisch verlaufende Muskelfasern enthält, mithin also wohl noch zur Accessoria zu rechnen ist.

Bald nachdem die Bögen als selbständige Gefässe den Truncus verlassen haben, verschwinden die elastischen Lamellen und werden durch die schon oben beschriebenen groben Ringfasern ersetzt. Die Elastica interna ist nun die einzige echte elastische Lamelle im Gefäss. Zugleich beginnen die Muskelfasern aus den äusseren Lagen der Accessoria auszuscheiden und sich in den inneren anzusammeln. Infolgedessen wird eine scharfe Trennung zwischen Accessoria und Conjunctiva immer schwieriger. Das Bindegewebe besitzt eine starke Ausbildung, besonders in den äusseren Lagen.

Man sollte meinen, der Truncus und die proximalen Teile der Aortenbögen, besonders aber die interarteriellen Wandungen im Truncus, würden ihres lockeren, an Bindegewebe und elastischen Elementen reichen Baues wegen auch eine Mannigfaltigkeit von feineren Strukturverhältnissen unter den elastischen Fasern zeigen. Aber dem ist nicht so. Sofern die Fasern nicht den bahngleisartigen Verlauf neben den Muskelfasern her zeigen,

bilden sie konzentrisch verlaufende Geflechte. Eigentliche Radiärfasern treten in diesen Gefässen vom elastischen und annähernd elastischen Typ nur selten auf, und dann auch nur die kurzen R_1 Fasern, die sich zwischen den benachbarten konzentrischen elastischen Elementen aufspannen. Kompliziertere elastische Faserarten kommen nicht vor.

Man muss dabei bedenken, dass diese Radiärfasern nach Bonnet als automatische Gegenspieler der auf Nervenreiz wirkenden konzentrischen Muskulatur aufzufassen sind, die sich wie Ligament und Adductoren bei den Muscheln verhalten. Es lässt sich deshalb theoretisch auch nur dort eine reichere Entfaltung von Radiärfasern und ähnlichen Gebilden erwarten, wo sich eine wohl ausgebildete Muskularis findet.

Arterienbögen im mittleren und distalen Teile ihres Verlaufes. Die weitere Umbildung des Wandungsbaues der Arterienbögen geht nun schnell vor sich. Schon in ihren mittleren und distalen Teilen ist ihr Bau wesentlich anders als in den proximalen. Kurz vor ihrer Vereinigung zur Aorta descendens zeigt sich folgendes Bild. Die groben elastischen Elemente sind zurückgetreten, dafür haben sich die kontraktilen Fasern zu innerst der Elastica interna zu einer zwar dünnen, aber zusammenhängenden konzentrisch verlaufenden Muskularis zusammengeschlossen. Die Bindegewebsfibrillen sind geblieben und wechseln als breitere oder schmälere Bänder mit den Muskelfasern ab. Eine genaue Grenze zwischen Accessoria und Conjunctiva ist nicht anzugeben, beide gehen allmählich ineinander über, in einer Art, wie Argaud sie für die A. pulmonalis von Rana sehr anschaulich beschreibt:

„Die Media ist nach innen zu gut begrenzt durch die Limitans interna, nach aussen dagegen weniger gut abgegrenzt. In der Nachbarschaft der Intima sind die glatten Muskelfasern in einer zusammenhängenden Schicht angeordnet. Um diese erste Ringmuskelhaut herum findet sich, getrennt von ihr durch Bindegewebsbündel, eine zweite kontraktile Schicht, die aber stellenweise unterbrochen ist. Mit der Entfernung von der Limitans interna werden die Ringmuskellagen mehr und mehr zerstückelt, so dass die daraus hervorgehenden Muskelbündel stetig an Ausdehnung einbüssen. Zugleich wird das Bindegewebe reicher und reicher und setzt sich unmerklich in die Adventitia

fort.“ Abb. 1, Taf. 1 zeigt diese Verhältnisse an einem Schnitte durch den rechten Aortenbogen kurz vor der Radix Aortae. Man sieht deutlich, wie die helleren, ausschliesslich konzentrisch angeordneten Muskelfasern, eingefasst durch parallel verlaufende elastische Zirkulärfasern, mit den dunkleren Bindegewebsfibrillen abwechseln, wie sie allmählich verschwinden und nur das dunkle Bindegewebe der Conjunctiva bleibt, das hier auch keine elastischen Elemente mehr enthält.

In diesen mittleren und distalen Teilen der Aortenbögen verlaufen die elastischen Elemente im allgemeinen in Form von feinen und feinsten Fasern in konzentrischer Richtung, sich mannigfach dabei ineinander verflechtend. Vielfach wird dieses Geflecht aber derartig wirr, dass es nur noch wie ein einziges grosses Gefilz erscheint. Derartige Verfilzungen der elastischen Elemente sind bei den Amphibien für die distalen Bögen wie auch für die noch zu beschreibenden proximalen und mittleren Teile der Aorta descendens und die ihnen ähnlichen Gefässe typisch, ebenso wie die konzentrischen elastischen Lamellen es für die entsprechenden Gefässe bei den Amnioten sind. Sobald sich aber stärkere konzentrische Fasern in der Muskularis herausbilden, erscheinen auch die Radiärfasern, und zwar die Bonnetschen R_1 und R_3 Fasern, also die kürzeren Arten, die dann von einer solchen konzentrischen Faser zur andern oder zur Elastica interna ziehen. Nur gelegentlich finden sich dort, wo die Muskularis ausnahmsweise grössere Stärke und Zusammenhang erreicht hat, auch die grossen R_2 Fasern, welche die ganze Muskularis durchqueren. In summa ist der Reichtum an Radiärfasern hier also nur gering. Auf Abb. 1 ist eine kurze R_3 Faser zur Darstellung gekommen. Man erkennt, wie sie, von einer der inneren konzentrisch verlaufenden elastischen Fasern ausgehend, nach der Elastica interna verläuft und an ihr inseriert.

Proximaler Verlauf der Aorta descendens. Nach der Vereinigung der Aortenbögen zur Aorta descendens geht wieder eine allmähliche Änderung im Wandungsbau vor sich. Es treten in der Accessoria neben den konzentrisch angeordneten Muskelfasern auch solche longitudinalen Verlaufes auf, und zwar besonders in den äusseren Lagen und in der Übergangszone nach der Conjunctiva zu, meist dicht umschlossen von gleichgerichteten elastischen Fasern. Zugleich wird das

Bindegewebe der Conjunctiva massiger. Hierdurch wird eine bessere Differenzierung der beiden Schichten angebahnt, indem sich nun die zahlreichen, meist longitudinalen elastischen Elemente der äusseren Accessoria schärfer gegen die dicken, an elastischen Fasern armen Bindegewebslagen der Conjunctiva absetzen, ohne dass indessen eine bestimmte Scheidung einträte.

Mittlerer Verlauf der Aorta descendens. Diese Verhältnisse werden im weiteren Verlaufe der Aorta descendens distalwärts immer deutlicher. Abb. 2 zeigt die Accessoria der Aorta descendens am Abgange der A. mesenterica posterior, also etwa nach dem ersten Drittel ihres Verlaufes. Man sieht, wie hier im Gegensatz zu Abb. 1 (Aortenbogen vor der Radix) zahlreiche längsverlaufende Muskelfasern eingestreut sind, meist kenntlich an den runden Querschnitten ihrer Kerne. Die Conjunctiva und die Übergangszone sind hier nicht mehr zur Darstellung gekommen.

Nach dem Abgange der A. mesenterica posterior treten die longitudinalen Muskelfasern in den äusseren Lagen der Accessoria in solcher Stärke auf, dass man geneigt ist, von einer zweischichtigen Accessoria zu sprechen mit einer inneren Haut, deren Elemente hauptsächlich konzentrisch verlaufen, und einer äusseren, in der sie hauptsächlich longitudinal angeordnet sind. Die inneren Lagen enthalten etwas mehr Muskelfasern als Bindegewebsfasern, in den äusseren dagegen überwiegt das Bindegewebe an Masse. Diese Accessoria wird umschlossen von einer an elastischen Elementen auffallend armen Schicht dicker Bindegewebsbündel, die sich sonst in nichts von denen der Accessoria unterscheiden und teilweise noch in sie hineinreichen, so dass auch hier, wo sich zwar infolge des Mangels an elastischem Gewebe in der Conjunctiva die beiden Tuniken verhältnismäßig recht gut von einander abheben, tatsächlich doch der Übergang infolge des starken Bindegewebsgehaltes der äusseren Lagen der Accessoria nur allmählich erfolgt.

In diesen proximalen und mittleren Teilen der Aorta descendens spielt das Auftreten von Radiärfasern ebenfalls nur eine untergeordnete Rolle. In den proximalen Teilen, in denen die Ringmuskelhaut die stärkste Entwicklung zeigt, finden sie sich häufiger als in den mittleren, wo sie durch die erstarkten Längsschichten schon wieder geschwächt sind. Wie in den Bögen, so

kommen auch hier hauptsächlich die kurzen R_1 Fasern und seltener auch die R_3 Fasern vor. Die längeren R_2 Fasern wurden nicht beobachtet. Auch hier ist die hauptsächliche Anordnungsform des elastischen Gewebes das Geflecht und das Gefilz. Einige R_1 Fasern sind auf Abb. 2 zur Darstellung gebracht. Diese Abbildung zeigt auch links oben ein Stück von den schon bei der Schilderung des Truncus erwähnten Wulstbildungen, die sich gelegentlich in den Gefässwandungen bei den Amphibien und den Reptilien finden, auf die wir hier kurz eingehen möchten.

Sie bestehen aus einem mehr oder weniger starken Bündel längsgerichteter Gewebselemente, besonders Muskelfasern, die in ein dichtes elastisches Fasergeflecht von gleicher Verlaufsrichtung eingelagert zu sein pflegen. Dieses Bündel lagert sich nun entweder zwischen Endothel und Elastica interna ein, wie es im Truncus und im distalen Teile des linken Aortenbogens beobachtet wurde, oder es liegt unmittelbar unter der Elastica interna, wie es sich in der Aorta descendens verschiedentlich fand, oder aber die Elastica interna teilt sich, und die longitudinalen Gewebsbündel werden in die Elastica hinein verlagert, wie es die Abb. 2 an der Aorta descendens beim Abgange der A. mesenterica posterior zeigt. In allen diesen Fällen findet, das ist das ihnen Gemeinsame, eine Hervorwölbung der Wandung in das Lumen hinein statt, so dass sich ein Längswulst ausbildet, der in das Lumen hineinragt. Es handelt sich hier offenbar um die von Dragendorf beschriebenen Taschen-, Lippen-, Trichter- und Wulstbildungen, wie sie an der Abgangsstelle von Gefässen, besonders bei Amphibien, häufig aufzutreten pflegen. Einige derartige schmale Längswülste, auf deren Grat sich die Abgangsöffnung eines kleinen Gefässes befindet, lagen durch Zufall vollständig in Schnittserien vor und bestätigen vollauf die Befunde Dragendorfs.

Distaler Verlauf der Aorta descendens. Im distalen Ende der Aorta descendens, etwa in dem letzten Drittel ihres Verlaufes, nimmt die Accessoria überraschend schnell an Mächtigkeit und damit zugleich auch an Mannigfaltigkeit im Bau ab. Da das Lumen seine grosse Ausdehnung beibehält, so erscheint die Aorta im Becken stets kollabiert. Auf den Schnitten nahe der A. caudalis sieht man nur noch wenige, hauptsächlich konzentrisch verlaufende dünne Muskelfasern, die auch hier noch

von elastischen Fasern in bahngleisartigem Verlaufe eingefasst sind, etwa drei- bis viermal abwechselnd mit ebenfalls nur schwachen Bindegewebsfibrillen. Die Abgrenzung dieser Tunika von der Conjunctiva ist meist leicht zu erkennen, da die Conjunctiva, aus dickem, massigem Bindegewebe bestehend, meist bedeutend stärker und voluminöser ist als die Accessoria und sich daher ziemlich deutlich von ihr absetzt. Zur Entwicklung feinerer elastischer Strukturen kommt es hier nicht mehr.

Wenden wir uns nun der Beschreibung der aus der Aorta sich abzweigenden Gefässe zu.

A. Carotis interna. Die A. Carotis interna zeigt kurz hinter ihrer Abzweigungsstelle vom Aortenbogen eine Weiterbildung der im mittleren Aortenbogen bereits angestrebten Umwandlung zum muskulösen Typ. Während diese Umwandlung aber weder in den Aortenbögen noch in der Aorta selbst zustande kommt, sodass die Aorta sogar im Becken noch den „bindegewebigen", aber nicht den muskulösen Typ zeigt, macht sie in der Carotis interna schnelle Fortschritte, sodass dieses Gefäss nach kurzem Verlaufe bereits einen annähernd muskulösen Bau aufweist. Die Elastica interna ist hier die einzige elastische Lamelle. In der darauf folgenden zusammenhängenden Ringmuskelhaut findet sich Bindegewebe nur noch sehr spärlich. Die in ihr sich findenden elastischen Fasern sind sehr zart und erscheinen meist isoliert. Nach aussen ist diese Accessoria zwar immer noch nicht so scharf von der Conjunctiva abgeschieden, wie man das bei den Amnioten gewohnt ist, aber es lässt sich doch sagen, dass diese beiden Tuniken sich deutlich genug voneinander abheben, um auf natürliche Weise geschieden werden zu können, was noch dadurch um einiges erleichtert wird, dass sich das elastische Gewebe in den innersten Lagen der Conjunctiva stark vermehrt hat, entsprechend seiner Abnahme in der Accessoria, und nun teils konzentrisch, teils longitudinal angeordnet, eine Art von elastischer Grenzzone bildet, die freilich noch weit davon entfernt ist, eine Limitans zu sein.

Nimmt man alles zusammen, so zeigt sich, dass die Carotis interna, soweit wir sie untersuchten, zwar auch noch keine eigentlich muskulöse Arterie im Sinne der Amniotenarterien ist, da noch gelegentlich geringe Vermischung der Muskelfasern der Accessoria und der Bindegewebsfasern der Conjunctiva in den

Grenzlagen vorkommen, dass praktisch diese Sonderung der Schichten aber doch schon vorhanden ist. Dem möchten wir dadurch Rechnung tragen, dass wir die Carotis interna zu den Arterien des muskulösen Typs stellen.

An feineren elastischen Gewebestrukturen ist die Carotis verhältnismäßig reich. Das elastische Geflecht und Gefilz ist in ihr zurückgetreten zugunsten nur noch schwacher konzentrischer elastischer Fasern, zwischen denen häufig die Bonnetschen R_1 und R_3 Fasern ausgespannt sind. Aber auch die grösseren R_2 Fasern, die in straffem Strahle die gesamte Muskularis durchqueren, um erst an der Elastica interna selbst zu inserieren, finden sich ziemlich häufig.

Der Bau der Eingeweidearterien schliesst sich an den schon beschriebenen der Aorta descendens an.

Art. gastrica posterior. Die A. gastrica posterior entspricht in ihrem Bau dem der Aorta descendens in ihrem mittleren Verlaufe. Sie besitzt eine Accessoria mit einer inneren Lage, in der die Gewebselemente hauptsächlich konzentrisch, und einer äusseren, in der sie hauptsächlich longitudinal angeordnet sind. An Radiärfasern finden sich nur gelegentlich R_1 Fasern.

Art. lienalis. Die A. lienalis zeigt als Abzweigung der A. gastrica posterior im allgemeinen auch deren Bau, ist aber in der Accessoria um etwas ärmer an Bindegewebe, dagegen reicher an Muskelfasern und daher auch an R_1 Fasern. Hier findet also eine wenn auch geringe so doch merkliche Annäherung an den gemischten Typ der Amnioten statt, wie das auch auf Abb. 4 zu erkennen ist. Auch die Abgrenzung der Accessoria von der Conjunctiva ist bei der A. lienalis noch etwas deutlicher als bei der A. gastrica posterior, weil hier das Bindegewebe der Conjunctiva fast frei von elastischen Elementen ist, während die Accessoria daran noch ziemlich reich ist.

Art. mesenterica posterior. Die A. mesenterica posterior wurde an drei Stellen untersucht: beim Abgange von der Aorta descendens, bei den ersten dichotomisch vor sich gehenden Teilungen und in den kleinen Ausläufern.

Sie zeigt bei ihrem Abgange von der Aorta descendens zunächst noch deren oben beschriebenen Bau, wie das auch Abb. 5 im Längsschnitt zeigt. Innen wechselt konzentrisch verlaufende Muskulatur mit Bindegewebe ab, immer umgeben von

elastischen Elementen. Nach aussen zu nehmen die Muskelfasern longitudinalen Verlauf an und verschwinden allmählich, so dass hier ein langsamer Übergang zwischen Accessoria und Conjunctiva stattfindet.

Dort, wo die A. mesenterica anfängt, sich dichotomisch zu teilen, hat sich dieser Bau erst wenig geändert. Die äussere longitudinale Lage beginnt an Muskelfasern ärmer zu werden, dafür wird die Ringmuskelhaut etwas stärker und zusammenhängender. In den Verzweigungen hingegen ist das Bild bereits wesentlich anders, wie auch die Abb. 3 eines Ramulus der Arteria mesenterica posterior zeigt.

Zu innerst der Elastica interna liegt hier als Accessoria eine in Anbetracht des nur noch geringen Lumens des Gefässes nicht unbedeutende vollständig zusammenhängende Ringmuskelhaut. Diese enthält wenige konzentrisch verlaufende elastische Fasern und auch einige Radiärfasern, die hier bei dem geringen Durchmesser der Accessoria gelegentlich sogar zu R_2 Fasern werden, sonst sich auf R_1 und R_3 Fasern beschränken. Nach aussen zu ist diese Accessoria von der ziemlich starken aus dicken Bindegewebsbündeln bestehenden Conjunctiva gut getrennt. Diese Zweige der Art. mesenterica würden also ihrem Bau nach der A. Carotis interna am nächsten stehen, so dass also auch hier eine dem muskulösen Typ nahekommende Bauart zu verzeichnen wäre.

Urogenitalarterien. Die Urogenitalarterien zeigen in ihrem proximalen Verlaufe, der allein untersucht wurde, den zweischichtigen bindegewebigen Typ der Aorta descendens. Da aber die zu innerst liegende konzentrische Muskelschicht verhältnismässig stärker entwickelt ist als sonst bei den bindegewebigen Arterien, so scheint es, dass sie in ihrem weiteren Verlaufe bald den Bau der Zweige der Art. mesenterica annehmen. Sie enthalten häufig R_1 Fasern.

Art. pulmonalis. Zum Schluss müssen wir noch die A. pulmonalis erwähnen. Sie teilt am Truncus den für die proximalen Aortenbögen beschriebenen elastischen Bau. In der Lunge dagegen ist sie rein muskulös. Während selbst die Carotis noch in den äussersten Lagen der Accessoria eine, wenn auch nur geringe, Übergangszone zeigt, ist in der Art. pulmonalis in ihrem Verlaufe in der Lunge der muskulöse Typ vollständig

verwirklicht. Die rein muskulöse Accessoria ist von der bindegewebigen Conjunctiva scharf abgesetzt. Sie enthält nur noch wenig elastische Elemente, teils in Form von spiralig aufgezogenen Zirkulärfasern, als Radiärfasern von allen drei von Bonnet unterschiedenen Arten, die sich scharf von ihrem muskulösen Untergrunde abheben. Besonderheiten zeigt die Arteria pulmonalis sonst weiter nicht.

Zusammenfassung.

Ein zusammenfassender Überblick über die Histologie der Gefässe von Cryptobranchus ergibt folgendes Bild.

Der Truncus ist nach dem elastischen Typ gebaut, auch die proximalen Teile der Aortenbögen besitzen elastischen Habitus, wenngleich die dort sich findenden konzentrischen elastischen Systeme keine echten Lamellen sind. Das nicht in Form von Lamellen aufgebaute elastische Gewebe ist als Geflecht angeordnet. Selten finden sich R_3 Fasern.

Bei den mittleren und distalen Teilen der Aortenbögen besteht die Accessoria aus einer zu innerst der Elastica interna liegenden zusammenhängenden Ringmuskelhaut und einer darauf folgenden gemischten, konzentrisch verlaufenden Lage von Bindegewebe und Muskelfasern. Accessoria und Conjunctiva gehen allmählich ineinander über. In der Accessoria ist das elastische Gewebe hauptsächlich als Gefilz angeordnet, es bildet wenig R_1 und R_3 Fasern, selten R_2 Fasern. Die Conjunctiva ist ohne nennenswertes elastisches Gewebe.

Die Aorta descendens zeigt im proximalen Verlaufe in der Accessoria ebenfalls diesen aus Bindegewebe und Muskelfasern sich gleichmässig zusammensetzenden Bau, mit der Abänderung, dass in den Grenzlagen die Gewebselemente longitudinale Verlaufsrichtung zu zeigen beginnen. Sie enthält wenig R_1 und R_3, selten R_2 Fasern, im übrigen ist in ihr das Gefilz vorherrschend.

In ihren mittleren Teilen hat die Aorta descendens in der Accessoria 2 Schichten ausgebildet, eine innere, in der die konzentrische Verlaufsrichtung und die Muskelfasern überwiegen, und eine äussere mit vorwiegend longitudinaler Gewebsanordnung und überwiegendem Bindegewebe. Die Accessoria geht allmählich in die Conjunctiva über, obwohl sich beide ziemlich deutlich von-

einander abheben. Die elastischen Elemente zeigen auch hier filzige Ausbildung, selten kommen R_1 und R_3 Fasern vor.

Dieser Bauart schliessen sich an die A. gastrica posterior, die A. mesenterica posterior im Anfang und mittleren Verlaufe und die Urogenitalarterien im proximalen Verlauf, bis zu einem gewissen Grade auch die A. lienalis.

Das distale Ende der Aorta descendens besitzt nur eine sehr schwache Wandung, in der das Bindegewebe neben den schwachen kontraktilen Elementen immer noch eine bedeutende Rolle spielt. Auch das elastische Gewebe ist verhältnismässig stark vertreten, ohne indessen feinere Strukturen aufzuweisen.

Als Ansätze zu einem Übergange in den muskulösen Typ lassen sich die Urogenitalarterien bald nach ihrem Abgange von der Aorta descendens und die A. lienalis auffassen, deren Tuniken im Begriff sind, sich schärfer zu differenzieren.

Ferner bildet die A. Carotis interna den in den Bögen angestrebten muskulösen Typ weiter aus und erreicht ihn schon nach kurzem Verlaufe. Desgleichen besitzen die äussersten Zweige der Art. mesenterica eine, wenn auch schwache, so doch annähernd muskulöse Accessoria.

Rein muskulös ist endlich die A. pulmonalis nach ihrem Eintritt in die Lunge. In diesen drei muskulösen oder doch annähernd muskulösen Gefässen treten reichliche R_1, R_3 und auch R_2 Fasern auf.

Wir ersehen aus diesen kurzen Charakteristiken folgende gemeinsame Züge. Die Elastica interna liegt stets unmittelbar unter dem Endothel. Ausnahmen werden nur gelegentlich bei einigen der von Dragendorf beschriebenen Wulstbildungen beobachtet, wo sich longitudinal verlaufendes Gewebe zwischen Endothel und Elastica interna einlagern kann. Die Accessoria besteht in den Hauptgefässen zum grossen Teil aus Bindegewebe, in das die von derberen und feineren elastischen Fasern eingehüllten Muskelfasern konzentrisch wie longitudinal eingelagert sind. Accessoria und Conjunctiva sind deshalb nicht, wie es bei den Arterien der Amnioten der Fall ist, scharf voneinander getrennt, sondern gehen meist allmählich ineinander über. Die Accessoria kann zwei Lagen ausbilden, eine innere, mehr oder weniger geschlossene muskulöse und eine äussere, mehr bindegewebige. Konzentrieren sich die Muskelfasern derart zu einer

zusammenhängenden Muskularis, dass eine scharfe Trennung von Accessoria und Conjunctiva erfolgt, so bildet sich dabei in der Accessoria der gemischte Typ heraus, der dann weiter distalwärts durch Verschwinden des elastischen Gewebes aus der Muskularis in den muskulösen Typ übergeht. Diese Übergänge finden aber im allgemeinen erst sehr weit distalwärts statt. Das elastische Gewebe tritt, abgesehen von der Elastica interna, nur im Truncus in Form von elastischen Lamellen auf. Sonst erscheint es in Form von derberen und zarteren Fasern, häufig in der beschriebenen bahngleisartigen Gestalt die Muskelfasern begleitend, häufig auch als ein Gewirr von feinsten Fäserchen, ein dichtes Gefilz bildend.

Radiärfasern finden sich nicht sehr häufig. Am zahlreichsten treten sie noch in den muskulösen oder annähernd muskulösen Gefässen auf. Hier finden sich häufig die R_1 und R_3 Fasern und nicht gar so selten auch R_2 Fasern. Weniger zahlreich sind sie schon in den Gefässen, wo das elastische Gewebe noch in stärkerem Maße auftritt: den Bögen und den proximalen und mittleren Teilen der Aorta descendens. In den letzteren zeigen sich nur noch R_1 und R_3 Fasern, im Truncus und den Eingeweidearterien nur noch spärliche R_1 Fasern, und in der schwachwandigen distalen Aorta descendens fehlen sie schliesslich ganz.

Rana esculenta.

Als Vertreter der Anuren wurden einige ziemlich grosse Exemplare von Rana esculenta (10 cm Schnauze-Steisslänge) untersucht, und zwar auf annähernd dieselben Arterien, die auch bei Cryptobranchus zur Untersuchung gelangt waren. Da die Arterien von Rana meist einen ganz ähnlichen Bau aufweisen wie die entsprechenden von Cryptobranchus, so werden wir uns im folgenden zumeist auf sie beziehen und uns dementsprechend kurz fassen können.

Die Aortenbögen zeigen unmittelbar nach Verlassen des Truncus eine Anzahl konzentrischer Systeme, bestehend aus schmalen Muskelfasern, die in grobe konzentrische elastische Fasern eingehüllt sind und mit breiten Bindegewebsbändern abwechseln. Diese konzentrischen Systeme sind infolge stärkerer Konzentrierung der einzelnen histologischen Elemente regelmässiger angeordnet als die der entsprechenden Gefässe von Cryptobranchus. In den

äusseren Lagen können die Muskelfasern auch longitudinal verlaufen. In diesem Falle liegen sie ebenfalls in konzentrischen Reihen nebeneinander. Elastische Lamellen kommen ausser der Elastica interna, die auch bei Rana stets unmittelbar unter dem Endothel liegt, nicht vor. Radiärfasern finden sich nur ganz vereinzelt in der kurzen R_1 Ausbildung zwischen den Lamellen, die Bindegewebsbänder durchquerend. Die Conjunctiva enthält keine konzentrischen elastischen Fasern mehr, ist infolgedessen von der Accessoria leicht zu unterscheiden.

An der Radix Aortae zeigen die Bögen ebenfalls einen ähnlichen Habitus wie bei Cryptobranchus. Die innersten Lagen werden durch eine zusammenhängende, mit starken elastischen Fasern durchflochtene Muskularis gebildet. Darauf folgen abwechselnd Bindegewebsstreifen und von elastischen Elementen begleitete Muskelfasern, die nach aussen zu häufig longitudinal angeordnet sind. Eine scharfe Grenze zwischen Accessoria und Conjunctiva lässt sich nicht ziehen. Radiärfasern werden hier nur selten beobachtet, und zwar nur R_1 Fasern. Zum Unterschied von den mittleren und distalen Bögen von Cryptobranchus tritt hier das elastische Gewebe in den inneren Lagen meist nicht als Gefilz, sondern in derberen Fasern auf.

Etwa in der Mitte ihres Verlaufes zwischen Radix und Bifurcatio weicht die Aorta im Bau von der von Cryptobranchus ab, insofern keine Differenzierung der Accessoria in eine innere konzentrische und eine äussere longitudinale Schicht erfolgt, sondern der für die Radix beschriebene Bau beibehalten wird. Selbst R_1 Fasern gehören hier zu den Seltenheiten.

Vollständig von den von Cryptobranchus her gewohnten Arterienbildern weicht dagegen die A. iliaca ab. Etwa in der Mitte ihres Verlaufes zeigt sie nämlich den gemischten Typ. Zuinnerst der Elastica interna liegt eine geschlossene Ringmuskelhaut, die von zahlreichen elastischen Fasern durchzogen wird und sich nach aussen zu scharf von der bindegewebigen Conjunctiva abscheidet, meist sogar durch eine Elastica externa, sodass die sonst bei Amphibienarterien übliche Übergangszone mit ihrem allmählichen Übergange von der muskelfaserhaltigen Accessoria zur muskelfaserfreien Conjunctiva fortfällt. Distalwärts wandelt sich die Art. iliaca bald zum reinen muskulösen Typ um. Radiärfasern finden sich nicht.

Einen annähernd reinen muskulösen Typ bei noch beträchtlicher Stärke des Gefässes zeigt, ähnlich wie auch bei Cryptobranchus, die A. Carotis. Hier besteht die Accessoria aus einer einheitlichen, zusammenhängenden Muskularis, die von einer Elastica interna und einer nicht immer ganz zusammenhängenden Elastica externa ziemlich scharf begrenzt wird und nur noch wenige feine elastische Faserelemente enthält. Die A. Carotis ist das einzige Gefäss, in dem bei Rana vereinzelte R_2 Fasern beobachtet wurden.

Von den Eingeweidearterien haben die A. intestinalis und die Art. mesenterica vor ihrer Verzweigung den für die Aorta descendens beschriebenen Bau: eine stärkere oder schwächere Übergangszone mit longitudinalen Muskelfasern, die gelegentlich auch fehlen kann, trennt die innere muskulöse Lage der Accessoria von der bindegewebigen Conjunctiva. Das elastische Gewebe ist in der ganzen Wandung stark ausgebildet, zeigt aber keine Radiärfasern. In ihren Ausläufern und kleinen Ästen dagegen zeigen sie alle einen Bau, der auf der Übergangslinie zwischen dem gemischten und dem muskulösen Typ liegt. Jedenfalls ist bei ihnen stets eine reinliche Scheidung zwischen muskulöser Accessoria und bindegewebiger Conjunctiva vollzogen, wenn auch ohne Elastica externa. Doch enthält die Accessoria zumeist noch ziemlich viel elastisches Gewebe, das meist in Form konzentrisch verlaufender Fäserchen angeordnet ist. Radiärfasern finden sich nicht.

Zusammenfassung. Bei Rana liegt die Elastica interna stets unmittelbar unter dem Endothel. Die Accessoria besteht in den Hauptgefässen noch zum grossen Teil aus Bindegewebe, in dessen breite Bänder die von elastischen Fasern eng umhüllten Muskelfäserchen einzeln konzentrisch eingelagert sind, sodass der Übergang zur Conjunctiva allmählich erfolgt. Diejenigen Lagen, in denen dieser Übergang stattfindet, gehören noch zur Accessoria. Sie enthalten nur noch spärliche Muskelfasern und sollen deshalb als Übergangszone bezeichnet werden. In ihr verlaufen die Muskelfasern häufig auch longitudinal, jedoch kommt es im Gegensatz zu Cryptobranchus nicht zur Ausbildung einer ausgesprochen longitudinalen äusseren Schicht der Accessoria. Je weiter die Gefässe sich vom Herzen entfernen, um so mehr konzentrieren sich die Muskelfasern in den inneren Lagen zu einer zusammenhängenden Muskularis, ohne indessen schon eine

scharfe Trennung von Accessoria und Conjunctiva zu bewirken. Diese tritt im allgemeinen erst ziemlich weit distalwärts ein, wie bei der A. iliaca und den distalen Verästelungen der A. intestinalis, und führt zur Bildung des gemischten Typs, der dann zum muskulösen weiterführt. Schnell erfolgen diese Übergänge nur in der Carotis, die hier bei Rana wie auch bei Cryptobranchus eine Ausnahme macht. Das elastische Gewebe tritt, abgesehen von der Elastica interna, nie in Form von elastischen Lamellen auf, vielmehr kommt es nur zur Bildung von Fasern. Radiärfasern finden sich nur sehr spärlich, und zwar in den Aortenbögen und der A. descendens R_1 Fasern, in der Carotis gelegentlich auch R_2 Fasern.

Zusammenfassung über die Amphibien-Arterien.

Was bei der Betrachtung von Amphibienarterien am meisten auffällt, ist ihr durch den Reichtum an Bindegewebe und durch die damit verbundene mangelhafte Differenzierung der Tuniken bedingter Habitus, der von dem der Säugerarterien so sehr abweicht. Zwar besitzen der Truncus und die ihm zunächst liegenden Teile der Aortenbögen wohl elastischen Bau, oder wenn die elastischen Lamellen fehlen, doch eine ganz ähnliche Gewebsanordnung. Auch findet sich der muskulöse Typ ausgebildet, in der Carotis und A. pulmonalis schon nach kurzem Verlaufe, dagegen in der Aorta descendens und den Eingeweidearterien erst sehr weit distalwärts. Daher zeigt die Hauptmasse der Arterien eine Bauart, die mit den beiden von Argaud aufgestellten Übergangstypen nicht in Übereinstimmung zu bringen ist, und zwar aus folgendem Grunde. Nach Argaud geht der Übergang vom elastischen zum muskulösen Typ in der Weise vor sich, dass die Masse des elastischen Gewebes zugleich mit der des Bindegewebes geringer wird, dagegen die der Muskelfasern im selben Maße zunimmt. Bei den Amphibienarterien nimmt indessen nur das elastische Gewebe ab, das Bindegewebe dagegen bewahrt seine Stärke, während eine Vermehrung der Muskelfasern nur in schwachem Maße eintritt. Daraus ergibt sich derjenige Arterientyp, den wir im Verlaufe der mittleren und distalen Bögen, der Aorta descendens und der Eingeweidearterien kennen lernten. Wir möchten ihn als bindegewebigen Typ bezeichnen und folgendermassen charakterisieren.

Arterien vom bindegewebigen Typ sind solche, deren Accessoria mit zahlreichen Lagen von Bindegewebsbündeln durchsetzt ist, während elastische Lamellen oder stärkere konzentrische elastische Fasersysteme nicht mehr in ihr vorhanden sind. In den innersten Lagen können die Bindegewebsbündel zugunsten einer geschlossenen Ringmuskelhaut fehlen, nehmen aber stets nach aussen hin an Häufigkeit und Stärke zu, so dass in den äusseren Lagen die Muskelfasern meist nur noch spärlich und vereinzelt liegen. Die Accessoria geht daher in dieser „Übergangszone" allmählich und fast unmerklich in die Conjunctiva über.

Gut wird dieser bindegewebige Typ verkörpert in den distalen Teilen der Aortenbögen, wie Abb. 1 zeigt.

Dieser bindegewebige Typ verdankt seine Entstehung, wie schon angedeutet, der Armut an Muskelfasern, die in den Amphibienarterien herrschend ist. Er entwickelt sich aus dem elastischen Typ in der Weise, dass die elastischen Lamellen und die gröberen elastischen Fasersysteme allmählich zurückgehen und durch feinere Fasern ersetzt werden, wie es auch beim Übergange vom elastischen zum gemischten Typ zu geschehen pflegt, während dagegen die Muskelfasern nur in ganz geringem Maße zunehmen, jedenfalls nicht so ausreichend, dass sie sich zu einer bindegewebsfreien geschlossenen Muskularis zusammenschliessen könnten.

Der Übergang vom bindegewebigen zum muskulösen Typ kommt bei der Aorta und den Eingeweidearterien erst sehr weit distalwärts zustande. Dann erst schliessen sich die spärlichen Muskelfasern allmählich zu einer bindegewebsfreien dünnen muskulösen Accessoria zusammen. Bei der Carotis und A. pulmonalis geht der Uebergang dagegen schon in den proximalen Teilen der Gefässe vor sich. Hier wirkt neben dem allmählichen Zusammenschluss auch noch eine Vermehrung der muskulösen Elemente mit, so dass der Übergang ziemlich schnell erfolgt.

Eine weitere auffallende Erscheinung in den Amphibienarterien ist das Vorkommen von longitudinalen Muskelfasern in dem ausserhalb der konzentrisch gebauten Accessoria gelegenen longitudinalen Bindegewebe, das im allgemeinen der Conjunctiva zugerechnet wird. Derartige Längsmuskeleinlagerungen kommen ja auch bei anderen Wirbeltierklassen vor, zeigen sich bei den Amphibien aber besonders ausgeprägt. Schwerlich dürften sie,

zumal sie so weit nach aussen liegen, an der Regelung der Blutverteilung beteiligt sein, ebensowenig aber auch der Festheftung des Gefässes an seine Umgebung dienen. Man kann sie also weder der Accessoria noch der Conjunctiva zurechnen und müsste demnach die Lagen, in denen sie auftreten, eigentlich als besondere Tuniken ansprechen, die sie ja bei den Amphibien auch tatsächlich gelegentlich bilden. Weil sie aber keinen ständigen Bestandteil der Arterienwandungen darstellen, ebensowenig wie die Tunica intima der Autoren, die fast durchgehends bei Fischen, Amphibien und Reptilien zu fehlen pflegt, so halten wir es für zweckmässiger, vor der Hand alle Arterienlagen, in denen longitudinale Muskelfasern auftreten, der Accessoria zuzurechnen und als longitudinale Schicht der Accessoria zu bezeichnen, bis die Physiologie es anders lehren wird. Diese longitudinale Schicht ist aber als gelegentlicher Bestandteil der Arterienwandungen wohl zu unterscheiden von der konzentrisch angeordneten Übergangszone der bindegewebigen Arterien, die einen wesentlichen Bestandteil ihrer Wandungen ausmacht, wenn auch häufig die Übergangszone mehr oder weniger von longitudinalen Schichten ausgefüllt wird.

Diese longitudinale Schicht der Accessoria taucht bei Cryptobranchus in der Aorta descendens distal von der Radix auf und zwar als Einlagerung in die Übergangszone, wird in der Mitte der Aorta descendens aber so stark, dass sie der konzentrisch gebauten Schicht der Accessoria an Stärke gleichkommt, verschwindet indessen distalwärts im letzten Drittel wieder vollständig. In den Eingeweidearterien ist sie ebenfalls vorhanden, und zwar von deren Ursprung an, verschwindet aber auch hier an den distalen Ausläufern wieder, ehe der Übergang der Gefässe vom bindegewebigen zum muskulösen Typ erfolgt. Bei Rana können diese longitudinalen Muskelfasern bereits vom Truncus an in sämtlichen Gefässen auftreten, auch in den muskulösen, z. B. der A. iliaca.

Eine dritte den Amphibienarterien eigentümliche Erscheinung ist die nur schwache Differenzierung der elastischen Elemente. Echte Lamellen besitzt Cryptobranchus nur in geringer Zahl, bei Rana sind sie gar nicht nachweisbar. Ausgenommen ist natürlich die Elastica interna, die in der Regel unmittelbar unter dem Endothel liegt. Die Lamellen werden durch Geflechte starker

konzentrischer Fasern ersetzt. In den meisten Arterien vom bindegewebigen Typ tritt das elastische Gewebe als Gefilz sehr feiner Fäserchen auf. Radiärfasern sind hauptsächlich in den Gefässen vom muskulösen oder annähernd muskulösen Typ vorhanden, und zwar die R_1, R_3 und R_2 Fasern. Spärlicher treten sie in denjenigen bindegewebigen Arterien auf, die eine innere, annähernd bindegewebsfreie Muskelschicht besitzen. Von den übrigen, besonders denen mit longitudinaler Muskelschicht, haben nur die grössten Radiärfasern, und da auch nur R_1, selten R_3 Fasern. Feinere Faserarten oder besondere Strukturen finden sich nicht.

4. Arterienwandungen bei Reptilien.

Über den Bau der Blutgefässwandungen bei Reptilien berichtet Argaud auf Grund seiner Untersuchung bei Vipera aspis, Testudo mauritanica, Varanus arenarius.

Bei Vipera aspis findet er die Intima überall nur aus Elastica interna und Endothel bestehend. Die Media zeigt im Truncus arteriosus den reinen elastischen Typ ausgebildet mit starken elastischen Lamellen und eingelagerten Muskelbändern, zwischen denen sich ein sehr zartes elastisches Netzwerk ausbreitet. Dieser elastische Typ bleibt auch der Aorta noch auf eine weite Strecke erhalten und geht nur sehr allmählich in den gemischten und dann in den muskulösen Typ über. Ebenso verhält sich die Carotis communis und die A. pulmonalis. Die Eingeweidearterien dagegen zeigen schon kurz nach ihrem Abgange von der Aorta den muskulösen Typ, den sie durch sehr schroffen Übergang erreichen, so dass schon nach kurzem Verlaufe die Elastica interna das einzige elastische Element in ihnen ist.

Bei Testudo mauritanica zeigen Aorta und A. pulmonalis im Truncus noch den gleichen elastischen Bau. Die elastischen Lamellen sind hier aber doch merklich schwächer als die Elastica interna. Zwischen ihnen findet sich eine reiche Geflechtbildung elastischer Elemente. Die Adventitia zeigt besonders in der interarteriellen Wandung einen grossen Reichtum konzentrischer elastischer Fasern. In der Aortenmitte herrscht immer noch das elastische Gewebe vor, geht aber doch schon stark zurück. In allmählichem Übergange erreicht die Aorta schliesslich an der Bifurcatio fast noch den rein muskulösen Typ, der sich dann von der A. iliaca an vollständig verwirklicht. Die Adventitia, die im ganzen Verlaufe der Aorta schon eine bedeutende Stärke aufweist, bildet in der A. iliaca eine ungewöhnlich starke Lage konzentrischer elastischer Fasern. Der Truncus coeliacus ist elastisch. Die A. pulmonalis zeigt ein eigentümliches Verhalten. Im Truncus arteriosus ist sie rein elastisch, aber schon nach kurzem Verlaufe verengt sie ganz plötzlich ihr Lumen und geht unter Verstärkung der Wandung in schroffem Übergange zum muskulösen Typ über. Das dabei sich ergebende morphologische Bild lässt sich vielleicht am besten mit der ausgezogenen Spitze einer Pipette vergleichen.

Bei Varanus arenarius sind der Truncus arteriosus und die Aorta fast bis zur Bifurcatio ebenfalls vom elastischen Typ, erst kurz vor der Bifurcatio setzt die allmähliche Umwandlung zum gemischten und muskulösen Typ ein, die sich in den Extremitätenarterien fortsetzt. Desgleichen ist die Carotis am proximalen Ende elastisch und wandelt sich distalwärts langsam und allmählich zum gemischten und muskulösen Typ um. Dagegen zeigen die Eingeweidearterien wieder durchgehends den rein muskulösen Typ, entweder schon gleich von ihrem Abgange von der Aorta an, oder doch schon nach kurzem Verlaufe. Hier ist der Übergang wieder schroff. Einen besonderen Bau zeigt der Truncus chylopoieticus, der aus dem linken Aortenbogen entsteht, gleich nach der Vereinigung der beiden Bögen zur Aorta descendens. Nach einem individuell verschieden langen Verlaufe teilt er sich nämlich dichotomisch in zwei Zweige. Im ersten Verlaufe zeigt der Truncus nun noch den elastischen Typ von der Aorta her, kurz vor der Verzweigung aber wandelt sich seine eine Wandhälfte in schroffem Übergange um zum muskulösen Typ, während die andere elastisch bleibt, und jeder der beiden Zweige zeigt hernach den Typ der Wandhälfte, aus der er gebildet wurde.

Fasst man die Ergebnisse von Argauds Untersuchungen zusammen, so kommt man auf folgende Hauptpunkte: Bei den Reptilien erstreckt sich der elastische Typ in der Aorta vom Truncus bis weit in die Aorta descendens hinab. Die von ihr abgehenden Extremitätenarterien gehen allmählich zum gemischten Typ und von da weiter zum muskulösen über. Die Eingeweidearterien dagegen zeigen den schroffen Übergang, eine neuartige Übergangsform, die hier direkt vom elastischen zum muskulösen Typ führt und sich in dieser Schärfe nach Argaud nur bei Reptilien findet.

Unsere eigenen Untersuchungen beschränken sich auf die Arterien von Iguana tuberculata. Zum Vergleiche wurden ausserdem auch gelegentlich Gefässe von Lacerta agilis, Tropidonotus natrix und Pelias berus geschnitten.

Die topographische Anatomie der Arterien von Iguana ist schon wesentlich einfacher und weniger der Abänderung unterworfen als die von Cryptobranchus. Der Truncus arteriosus zerfällt hier in drei grosse, Gefäßstämme: Den Truncus pulmonalis, den rechten Aortenbogen, dem die Coronararterien, Carotidenbögen und Subclavien entspringen, und den linken Aortenbogen, der bis zur Radix nur wenige unwesentliche Gefässe abgibt. Die Eingeweidearterien entspringen nicht einem, die Fortsetzung des linken Aortenbogens darstellenden, unmittelbar hinter der Radix liegenden Truncus coeliacus, wie das sonst bei Reptilien häufig der Fall ist, sondern zweigen sich erst in einigem Abstande von der Radix einzeln aus der Aorta descendens ab. Der Abgang der beiden grossen Arteriae ischiadicae findet erst etwa 5 cm vor Eintritt der Aorta in den Schwanz statt.

Von diesen Gefässen haben wir untersucht den Truncus arteriosus, die Aortenbögen, die Aorta selbst in ihrer ganzen Ausdehnung, die Carotis externa, ferner von den Extremitäten-

arterien die A. subclavia, A. brachialis und A. femoralis, von den Eingeweidearterien die A. coeliaca, A. mesenterica und A. lienalis, und schliesslich die A. pulmonalis. In dieser Reihenfolge mögen sie auch beschrieben werden. Da ihr allgemeiner Bau nur in wenigen Fällen von dem von Argaud für die Arterien von Varanus beschriebenen abweicht, werden wir auf ihn nur, soweit diese Abweichungen oder der Zusammenhang es erfordern, näher eingehen.

Truncus arteriosus. Die im Truncus arteriosus vereinigten Gefässe weisen alle die gleiche Bauweise auf, und zwar die eines elastischen Typs, der dem bei Säugerarterien beobachteten schon ziemlich nahe kommt. Auffällig ist an diesen Gefässen die starke Entwicklung der Muskulatur in ziemlich breiten konzentrischen Bändern, gegen die das Bindegewebe fast ganz zurücktritt, während die elastischen Lamellen an Dicke erst noch gering sind. Die Elastica interna ist stärker als die übrigen konzentrischen Lamellen und liegt stets unmittelbar unter dem Endothel. Eine sogenannte Tunica intima ist also nicht vorhanden. Die äussersten drei bis vier Lamellen sind meist ebenfalls etwas stärker und liegen dicht nebeneinander, ohne Muskelzwischenlagerung, und bilden so eine Art Elastica externa.

Von den im Truncus von Cryptobranchus beschriebenen Gefässen weichen diese von Iguana somit erheblich ab. Die auffälligsten Unterschiede sind einmal die zusammenhängende konzentrische Anordnung ihrer Gewebselemente in der Accessoria und der dadurch bedingte gleichmässige straffe Bau, dann das Überwiegen der Muskulatur über das Bindegewebe, und schliesslich die vollständige Trennung von Accessoria und Conjunctiva. Diese Unterschiede sind auch in all den übrigen Gefässen vorhanden. Man erkennt daraus, um wieviel das Gefäßsystem bei den Reptilien höher entwickelt ist als bei den Amphibien.

In der Anordnung der feineren elastischen Gewebselemente ist der Unterschied im Truncus dagegen nicht sehr gross. Die für den Truncus und die ihm zunächst liegenden Gefässe von Cryptobranchus typischen bahngleisartigen elastischen Fasersysteme fehlen zwar bei Iguana, wohl infolge des strafferen Wandungsbaues, hingegen ist das Verhalten der Radiärfasern ähnlich. Auch hier kommen Radiärfasern nur sehr selten vor. Was sich findet, gehört zu den kurzen R_1 Fasern, wofern sie sich nicht bei

näherem Zusehen als eine Reihe longitudinaler Fasern entpuppen, deren dicht nebeneinander liegende runde Querschnitte eine Radiärfaser vortäuschen. Sie sind hier meistens in Muskulatur eingelagert, während sie bei Cryptobranchus durch das Bindegewebe zu verlaufen pflegen.

Auf Schnitten, die durch den Truncus arteriosus von Iguana in der Höhe der Herzbasis geführt wurden, zeigten sich Einlagerungen von hyalinem Knorpel in die interarterielle Scheidewand. Da wir in der Literatur über ein Vorkommen von Knorpel im Truncus von Iguana keinerlei Bemerkungen finden konnten, untersuchten wir den Befund an drei Leguanherzen näher, obwohl diese Untersuchungen ja eigentlich aus dem engeren Rahmen unserer Arbeit herausfallen.

Bereits in Bronns „Klassen und Ordnungen, Bd. VI, 3, 2. Saurier und Hydrosaurier", herausgebracht 1890 von Hoffmann, findet sich eine kurze Anmerkung, dass am Ausgange des Truncus arteriosus der Krokodile zwei eigentümlich gebildete Knorpelplättchen als Einlagerung der Wandung vorkommen, mit Fortsätzen, die Stützpunkte der Klappen abgeben.

Ähnlich wird in dem Bande über die Schildkröten von einem bereits von Bojanus entdeckten Knorpel von unregelmässiger, birnentörmiger Gestalt berichtet, der im Truncus arteriosus der Schildkröten zwischen dem Eingange der A. pulmonalis und den Eingängen der Aorta dextra und Aorta sinistra liegen soll und bei älteren Exemplaren mit einem Knochenkerne versehen sein kann.

Ebenfalls beschreibt Favaro Knorpelbildungen an der Aortenwurzel bei einer grösseren Zahl von Säugern. Ferner untersuchte Vanzetti 17 Kaninchenherzen auf Knorpeleinlagerung, fand davon 8 ohne jede Knorpel, bei den übrigen dagegen war ein solcher vorhanden, mitunter sogar in mehreren Stückchen. Sie liegen stets im Bindegewebe des Herzens im intervalvulären Raume der Aortenwurzel. In Form und Grösse sind sie variabel und passen sich darin dem einhüllenden Bindegewebe an. Histologisch ist es zweifellos hyaliner Knorpel, dessen Umbildung aus fibrösem Bindegewebe in der Randzone stufenweise sich verfolgen lässt. Die 17 Kaninchen waren verschiedenen Alters, den 8 jüngsten und kleinsten fehlte die Knorpeleinlagerung. Vanzetti nimmt deshalb an, dass sie sich beim erwachsenen Tiere regelmässig finden und erst extrauterin, wahrscheinlich mit individuellen Schwankungen, ausgebildet werden. Jedenfalls handelt es sich nach Vanzetti um verknorpeltes fibrilläres Bindegewebe.

Retterer und Lelièvre beschreiben bei Testudo mauritanica ein Herzskelett, das, aus mehreren hyalinen Knorpeln zusammengesetzt, zwischen der Wurzel des Truncus pulmonalis und der Aorta dextra liegt, ferner findet sich bei einem 15jährigen Hunde ein Herzknorpel, beim ausgewachsenen Pferd und Schwein besteht das Herzskelett dagegen nur aus vesiculösem Bindegewebe, beim Ochsen indessen aus einem echten Knochen mit Haversischen Systemen, der aus vesiculösem Bindegewebe hervorgeht.

Man ersieht aus diesen Literaturangaben, dass die Ausbildung eines „Herzskelettes“ nicht selten erfolgt, aber offenbar grossen Schwankungen selbst innerhalb der Spezies zu unterliegen scheint. Dies bestätigt sich auch bei Iguana. In den drei Leguanherzen, die wir untersuchten, zeigen die Knorpeleinlagerungen jedesmal eine andere Gestalt. Sie erscheinen in der zwischen dem Ostium pulmonale und Ostium arteriosum sin. gelegenen bindegewebigen Scheidewand in der Region der Semilunarklappen, steigen mit dem Truncus aufwärts, passen sich dessen Drehung wie der Rundung der Gefässwandungen an und verschwinden erst wieder hinter dem Ostium art. dextrum, zugleich mit den Semilunarklappen. Eines der Leguanherzen haben wir in eine Schnittserie zerlegt und daraus dann den Knorpel selbst wie auch die Aortenwurzel in Wachs rekonstruiert.

Die Form des rekonstruierten Knorpels ist sehr eigentümlich und unregelmässig. Er besteht aus einem langgestreckten, mit schwacher Krümmung an die Rundung des Ostium arteriosum sin. angepasstem Unterbau von etwa 2,8 mm Längsausdehnung, 0,8 mm durchschnittlicher Breite und 1,0 mm Höhe, und einem turmartig auf die dorsale Ecke sich aufsetzenden Oberbau von etwa 1,0 mm Länge, 0,6 mm Breite und 1,0 mm Höhe, so dass die gesamte Höhe etwa 2,0 mm beträgt. Doch steigt der Knorpel nicht senkrecht auf, sondern etwas schräg unter dem von den Gefässen des Truncus eingeschlagenen Neigungswinkel von etwa 45 Grad. Ebenfalls macht die Sagittalachse die Drehung der Truncusgefässe mit, wodurch der Knorpel eine schwache schraubengangartige Windung erfährt. Im dorsalen Teile wird er etwa in der Höhe der Grenzlinie zwischen Ober- und Unterbau von zwei schlanken Bindegewebspfeilern durchzogen. Der eine dieser Pfeiler verläuft in der Richtung der Höhenachse und wird an seinem oberen Ende von dem andern, dorsoventral gerichteten Pfeiler rechtwinklig gekreuzt.

Histologisch ist der Knorpel rein hyalin, ohne Knochenbildung in der Mitte (Abb. 8). Die Accessoria der benachbarten Gefäßstämme bewahrt je nach dem Grade ihrer Anlehnung an den Knorpel ihre volle Stärke, oder wird mehr oder weniger reduziert, wie es auf dem auf Abb. 8 dargestellten Schnitte der Fall ist. Stets ist sie von rein elastischem Typ. Distalwärts wird der Knorpel im Truncus arteriosus durch ein Trigonum

fibrosum ersetzt, das der interarteriellen Wandung im Truncus von Cryptobranchus ähnelt und ebenso wie jene im Innern längsverlaufende Muskelfasern aufweist.

Schnittserien, die wir vom Herzen von Tropidonotus und Lacerta anfertigten, liessen dagegen keinerlei Knorpeleinlagerungen im Truncus erkennen.

Aortenbögen. Die Aortenbögen gehören zum elastischen Typ. Schon sehr bald nach dem Verlassen des Truncus beginnen in ihnen die elastischen Lamellen ein mehr oder minder verzweigtes feines Geflecht zu bilden, ohne sich indessen darin aufzulösen. Die R_1 Fasern werden häufiger. Sonst ist der Bau derselbe wie der der Truncusgefässe.

Radix. Besondere Beachtung verdient der Bau der Radix, der Vereinigungsstelle der beiden Aortenbögen. Bei Iguana geht diese Vereinigung unter einem so spitzen Winkel vor sich, dass die beiden Bögen noch eine kurze Strecke getrennt nebeneinander herlaufen, während sie, in eine gemeinsame Conjunctiva gehüllt, äusserlich bereits als eine einheitliche Aorta erscheinen. Die beiden Längsfurchen (Radixfurchen), die hierbei dorsal und ventral der Strecke, an der die beiden Accessorien aneinander stossen, im Gefässe sich bilden, werden durch Bündel längsverlaufenden Bindegewebes von der Conjunctiva her ausgefüllt, die auf Querschnitten ziemlich kreisrund erscheinen. Während nun die inneren Lagen der beiden Accessorien ungestört ihren konzentrischen Verlauf nehmen und dort, wo sie sich berühren, eine normal gebaute, interarterielle Wand bilden, treffen ihre äusseren Lagen auf die Bindegewebspfeiler, durch die sie wie durch einen Strombrecher unterbrochen werden. Ihre Muskelbänder verschwinden vollständig, und nur ein Teil ihrer elastischen Lamellen setzt sich in Form konzentrischer Fasern in Richtung der gemeinsamen Conjunctiva durch die Bindegewebspfeiler fort. Die Vereinigung der beiden Bögen geschieht nun in der Weise, dass in der Mitte der interarteriellen Wand plötzlich eine schmale Unterbrechung eintritt, die sich nur langsam weitet. Hier besitzt die Scheidewand noch ihre volle Breite, und bis an die Unterbrechungsstelle hin auch noch die konzentrische Anordnung ihrer Gewebselemente. Erst mit der Erweiterung der Durchtrittsöffnung setzt eine stärkere Umbildung in der Struktur ein, besonders die Bildung einer Kappe von längsverlaufenden elastischen Fasern.

Zu einem zweiten, stärkeren Zentrum longitudinal gerichteter Gewebselemente der Accessoria haben sich inzwischen die beiden Bindegewebspfeiler der Conjunctiva ausgebildet. Schon kurz vor der Durchtrennung der Scheidewand beginnen sich hier nämlich longitudinale Muskelfasern, von zahlreichen elastischen Fasern begleitet, einzulagern, die sich schnell ausdehnen und bald das gesamte Bindegewebe verdrängen, so dass die beiden Gewebspfeiler der Radixfurche distalwärts fast nur noch aus elastischen und muskulösen Elementen bestehen. Zunächst bleiben diese beiden Zentren aber noch getrennt. Je kürzer und stumpfbuckliger jedoch die beiden Scheidewandsreste werden, desto mehr ziehen sich ihre Kappen auf die Accessoria zurück, und desto weiter rücken auch zugleich die Pfeiler in die Accessoria nach innen hinein, weil die äusseren Lagen der beiden Accessorien sich inzwischen zu einer gemeinsamen Tunica accessoria vereinigten, die nun immer stärker wird und die longitudinalen Elemente immer mehr nach innen drückt. Hier in den inneren Lagen der Accessoria vereinigen sich schliesslich die beiden Zentren des longitudinalen Faserverlaufes. Sie werden aber bald schwächer und schwächer und verschwinden allmählich distalwärts zugleich mit den schliesslich nur noch ganz flachen Buckeln der Scheidewandsreste, worauf dann die gesamte Wandung wieder den normalen Bau zeigt, wie wir ihn für die Bögen beschrieben.

Aorta descendens. Die Aorta descendens behält ebenfalls für den weitaus grössten Teil ihres Verlaufes bis zur Bifurcatio noch den oben beschriebenen elastischen Bau bei (Abb. 6). Nur geringe Abänderungen sind wahrnehmbar. Einmal nimmt die Zahl der Lamellensysteme ständig ab, womit im Gegensatz zur Aorta descendens von Cryptobranchus auch eine entsprechende Verringerung des Lumens verbunden ist. Ferner ist die Elastica interna nur noch von gleicher Stärke wie die übrigen Lamellen. Weiter wird die Geflechtbildung zwischen den Lamellen distalwärts immer ausgedehnter, womit eine Zunahme der kurzen Radiärfasern verbunden ist. Diese R_1 Fasern sind aber im Verhältnis zu den Lamellen nur sehr zart, heben sich auch aus dem feinen Fasergeflecht nicht weiter hervor, so dass sie leicht übersehen werden. Endlich beginnt eine kurze Strecke vor Abgang der unteren Extremitätenarterien auch schon gelegentlich die Auflösung der Lamellen in konzentrische Fasersysteme. Die Con-

junctiva nimmt distalwärts an Stärke zu und enthält zahlreiche, hauptsächlich longitudinale elastische Elemente.

Erwähnt werden müssen hier auch die gelegentlich in der Aorta descendens sich findenden, von Dragendorf beschriebenen Wulstbildungen. Abb. 6 zeigt ein derartiges Gebilde, das sich etwa nach dem ersten Drittel der Aorta descendens kurz vor Abgang der grossen Eingeweidearterien fand. Man erkennt, wie sich die Elastica interna spaltet. Die innere Lamelle verläuft ungestört konzentrisch weiter, ebenso die darunter liegenden Muskelbänder und Lamellen. Die äussere hingegen springt in das Lumen vor und schliesst zwei bis drei Lagen longitudinaler Muskelfasern ein, die teilweise ebenfalls durch dünne Lamellen getrennt sind. Es liess sich in keinem Falle beobachten, dass diese Längswülste eine Änderung im Bau der darunterliegenden Accessoria bewirken. Sie erscheinen vielmehr stets als selbstständige, von der Accessoria unabhängige Gebilde. Sie verschwinden demgemäss auch nicht durch Vereinigung ihrer Gewebselemente mit denen der Accessoria, sondern in der Weise, dass die jeweilig zu äusserst liegenden Muskelfasern allmählich verschwinden, ohne dass Ersatz eintritt, bis sich schliesslich mit dem Verschwinden der letzten Muskelfasern die beiden Lamellen der Elastica interna wieder vereinigen.

Sehr verändert sieht die Wandung der Aorta descendens nach Abgang der unteren Extremitätenarterien aus. Sie zeigt jetzt nicht mehr den elastischen, sondern den gemischten Typ. Der Übergang hierzu wird bedingt durch die Verminderung der elastischen Substanz, welche nach Abgabe eines grossen Teiles der elastischen Lamellen in die beiden abgezweigten Extremitätenarterien eintritt. Der in der Aorta descendens verbleibende Rest von Lamellen löst sich sofort in ein System gröberer und feinerer elastischer Fasern auf, wodurch der Übergang vollzogen wird. Die Elastica interna ist jetzt die einzige echte elastische Lamelle. Die von ihr und von der Elastica externa eingeschlossene Accessoria enthält kein Bindegewebe mehr; die Muskelfasern verlaufen alle konzentrisch und werden anfangs selten, distalwärts aber immer häufiger von Radiärfasern durchzogen, die in längerem und kürzerem Verlaufe sich von einer Zirkulärfaser zur andern oder zu den Elastiken hinüberspannen, also nach Bonnets Einteilung R_1 und R_3 Fasern. Dagegen wurden die die ganze Acces-

soria durchziehenden R_2 Fasern nicht beobachtet. Die Elastica interna zeigt hier zuerst klar die eigentümliche, an die Suturlinie der Ammoniten erinnernde Schlängelung, welche alle Reptilienarterien von gemischtem und muskulösem Typ auszeichnet.

Carotis. Die Carotis externa zeigt den reinen elastischen Typ. Die Elastica interna ist hier etwas stärker als die übrigen Lamellen. Radiärfasern und sonstige feinere Strukturen des elastischen Gewebes kommen nicht vor. Nicht einmal die sonst bei elastischen Arterien weit verbreitete Geflechtbildung findet sich. Ähnlich wie die Aorta descendens behält auch die Carotis diesen Typ lange bei.

Art. subclavia. Die Art. subclavia ist ein ziemlich dünnwandiges Gefäss von elastischem Typ. Sie besitzt nur wenige elastische Lamellen, so dass den Muskelfasern schon viel Raum bleibt. Trotzdem kommt es aber nicht zur Radiärfaserbildung.

Art. brachialis. Etwas weiter distalwärts zeigt sie als Art. brachialis einen Bau, der sich nicht recht in die Schemata Argauds einordnen lassen will (Abb. 7). Die A. brachialis besitzt eine muskulöse Accessoria, eingefasst von einer sehr starken gekräuselten Elastica interna und einer aus längsverlaufenden Fasern bestehenden Elastica externa. Annähernd in der Mitte wird sie von einem konzentrischen elastischen Fasersystem halbiert, das bald in beachtenswerter Stärke wie eine Lamelle auftritt, bald auf eine grössere Strecke ganz fehlen kann und bald, in mehrere dicht nebeneinander gelegene Fasern aufgelöst, wieder erscheint. Von diesem mittleren System gehen zahlreiche Radiärfasern zu den beiden Elastiken (Bonnetsche R_3 Fasern). Es kommt indessen nirgends zur Bildung eines aus Radiärfasern bestehenden elastischen Gerüstwerkes, desgleichen fehlen die langen R_2 Fasern. Obwohl die Muskulatur das elastische Gewebe hier bei weitem überwiegt, möchten wir doch die Art. brachialis nicht zum muskulösen, sondern zum gemischten Typ stellen, weil das einzige in ihr befindliche elastische System für den muskulösen Typ meist doch zu stark ist. Der vollständig reine muskulöse Typ findet sich erst in den kleineren Abzweigungen der Art. brachialis. Hier ist die Elastica interna überhaupt das einzige elastische Element der Accessoria. Diesen Typ zeigen alle uns zu Gesicht gekommenen, kleinen Gefässe von Iguana.

Art. femoralis. Die Art. femoralis ist am proximalen Ende von gemischtem Typ und geht distalwärts langsam in den muskulösen über. Sie ähnelt der Art. brachialis sehr, besitzt aber weniger Radiärfasern, auch ist die Mittellamelle nur als schwaches Fasersystem ausgebildet. Sowohl in der Art. brachialis wie in der Art. femoralis finden sich gelegentlich Dragendorfsche Wulstbildungen, von denen einige auch innen in der Accessoria liegen, in dem Sinne, dass die Elastica interna sich nicht spaltet und die longitudinalen Elemente des Wulstes in sich aufnimmt, sondern sich in ihrer ganzen Stärke vorbuchtet, so dass der Wulst direkt auf die Muskularis der Accessoria aufgelagert ist. Aber auch hier lässt sich keine Beeinflussung im Bau der Accessoria feststellen.

Eingeweidearterien. Für die Eingeweidearterien beschreibt Argaud den muskulösen Typ, der durch schroffen Übergang unmittelbar aus dem elastischen der Aorta descendens erreicht wird. Auch wir fanden, dass dieser Übergang von der Aorta descendens sehr schnell vor sich geht, allein er führt bei Iguana nicht gleich zum muskulösen, sondern vorerst zum gemischten Typ. Der eigentlich muskulöse Typ wird erst sehr spät erreicht. Dieser gemischte Typ der Eingeweidearterien enthält zahlreiche Radiärfasern, noch zahlreicher als die A. brachialis, die in verschiedensten Längen die meist spiralig aufgerollten Zirkulärfasern verbinden und zu den Elastiken streben (R_1 und R_3 Fasern). Es zeigen sich auch, besonders in der A. gastrica posterior (A. coeliaca), Ansätze zu ausgedehnteren Gerüstwerken aus Radiär- und Zirkulärfasern; ausserdem wurden in der Art. A. lienalis auch R_2 Fasern gefunden. Diese Arterien sind dadurch besonders interessant, dass sie noch ein primitives Merkmal der Amphibienarterien aufweisen. In einiger Entfernung von der Aorta descendens beginnen sich nämlich longitudinale Muskelfasern in die Conjunctiva einzulagern, teils in Anlehnung an die Accessoria, teils unvermittelt inmitten des Bindegewebes. Besonders stark tritt diese Erscheinung in der A. coeliaca auf, weniger stark in den Abzweigungen der A. mesenterica, und in der A. lienalis nur an der Stelle der Conjunctiva, die der Milz zunächst liegt. Es wirkt sehr überraschend, wenn das zweifarbige Band, das ein Schnitt durch die A. coeliaca mit seiner pikringelben Muskularis und fuchsinroten Conjunctiva darstellt, allmählich im roten gelbscheckig wird. Distalwärts nimmt diese Durchsetzung immer

weiter zu, so dass auf diese Weise mehr oder weniger ausgeprägt ein Arterientyp entsteht, wie wir ihn für die mittleren Teile der Bögen und die proximalen Teile der Carotis von Cryptobranchus beschrieben haben: Innen eine Lage von gemischtem, fast schon muskulösem Typ mit Radiärfasern, aussen eine von bindegewebigem Typ. Da nach Bonnets Definition alle die Lagen zur Accessoria zu rechnen sind, welche noch Muskelfasern enthalten, so würde auch diese allmählich umgewandelte Conjunctiva distalwärts mehr und mehr zur Accessoria gezählt werden müssen, da sie ja mit zunehmendem Gehalt an Muskelfasern neben den Aufgaben der Conjunktiva auch mehr und mehr die der Accessoria mit erfüllt. Die in der bindegewebigen Lage eingelagerten zahlreichen elastischen Fasern haben durchgehends longitudinalen Verlauf, im Gegensatz zu den konzentrisch angeordneten der Muskularis. Die übrigen Gewebselemente verhalten sich ebenso, wodurch eine scharfe Trennung der beiden Lagen bewirkt wird. In ihren kleinen Ausläufern sind die Eingeweidearterien dagegen rein muskulös, haben das Aussehen der Brachialis-Schnitte und enthalten nur noch wenige zarte elastische Fasern von meist radiärem Verlauf oder überhaupt keine elastischen Fasern mehr.

Art. pulmonalis. Ein besonderes Verhalten zeigt die Art. pulmonalis, ganz dem von Argaud für die A. pulmonalis von Testudo mauritanica beschriebenen entsprechend. Am Truncus zeigt sie noch den elastischen Typ, freilich schon mit ziemlich breiten Muskelbändern. Kurz nach dem Verlassen des Truncus verjüngt sie sich trichterförmig auf der kurzen Strecke von etwa 4 mm auf ungefähr auf $^1/_4$ ihres Durchmessers. Hierbei macht sie eine Strukturveränderung durch, indem die elastischen Lamellen sich ziemlich schnell auflösen und dann als Fasern zum grössten Teil ganz verschwinden, während dafür die Muskelfasern sich annähernd verdoppeln. All dieses erfolgt, wie gesagt, auf ganz kurzer Strecke, weswegen denn auch der Übergang vom elastischen zum muskulösen Typ dementsprechend schroff erscheint. Nach diesem Übergange ist die A. pulmonalis ein im Verhältnis zum Lumen äusserst dickwandiges Gefäss von so charakteristischem muskulösem Typ wie er im Lehrbuche nicht besser gefunden werden kann: Eine reichliche Muskularis mit nur wenigen, grossen, teils radiär verlaufenden elastischen Fasern und einer dicken Elastica interna, die hier besonders gut die für muskulöse Rep-

tilienarterien so charakteristische Suturkräuselung besitzt. Eine aus elastischen Längsfasern bestehende Elastica externa scheidet die ohnehin scharf begrenzte Accessoria auch räumlich von der Conjunctiva, deren elastische Elemente fast nur longitudinal verlaufen. Schon in der Übergangsstrecke, besonders aber, nachdem der muskulöse Typ erreicht ist, setzt eine für Reptilienarterien reichliche Ausbildung von Radiärfasern ein. Abb. 9 zeigt ein aus R_1, R_3 und einigen Zirkulärfasern sich zusammensetzendes Gerüstwerk, wie es häufig in der A. pulmonalis gefunden wird. Auch die stattlichen R_2 Fasern lassen sich häufiger beobachten.

Abb. 10 stellt einen Schnitt durch die A. pulmonalis von Lacerta kurz vor dem Eintritt in die Lunge dar. Hier haben wir die gleichen Verhältnisse wie bei Iguana. Das anfänglich grosskalibrige elastische Gefäss verengt sich plötzlich und geht zum rein muskulösen Typ über, den die Abbildung wiedergibt. (Die Vergrösserung ist bei sämtlichen Abbildungen die gleiche.)

Zusammenfassung.

Bei Iguana sind der Truncus, die Aortabögen und die Aorta descendens bis zur Bifurcatio elastisch, desgleichen die Carotis im proximalen Verlaufe, die A. subclavia und auf eine kurze Strecke auch die A. pulmonalis. In diesen elastischen Gefässen besitzt das feinere, nicht als Lamelle aufgebaute elastische Gewebe meist den Charakter von feinen Geflechten. Radiärfasern kommen selten vor, und auch nur als kurze R_1 Fasern.

Den gemischten Typ zeigen die Aorta descendens distalwärts der Bifurcatio, die A. brachialis, A. ischiadica und der proximale Teil der Art. femoralis, ferner die proximalen Teile der Eingeweidearterien und der Conus pulmonalis.

Die mittleren und distalen Teile der Eingeweidearterien und der Extremitätenarterien, der grösste Teil der Carotis und A. pulmonalis sowie sämtliche kleinen Gefässe gehören schliesslich zum muskulösen Typ. Die mittleren Teile der Eingeweidearterien, besonders der A. coeliaca weisen ausser der konzentrischen Muskularis der Accessoria noch eine longitudinale Muskelschicht in der Accessoria auf, wie sie bei Amphibienarterien häufig ist.

In den Arterien vom gemischten Typ verlaufen zwischen den Zirkulärfasern und den Elastiken Radiärfasern von der Art R_1 und R_3, die sich anschicken, elastische Gerüstwerke zu bilden.

Gut ausgebildet sind diese dagegen erst in den muskulösen Arterien, besonders der A. pulmonalis. Hier finden sich auch die R_2 Fasern häufiger, die schon gelegentlich in der mittleren A. lienalis auftauchen.

Ein besonderes Charakteristikum für die Reptilienarterien vom gemischten und muskulösen Typ ist die an die Suturlinie der Ammoniten erinnernde Kräuselung der stets sehr starken Elastica interna.

An morphologischen Eigentümlichkeiten ist zu erwähnen das nicht seltene Auftreten von Dragendorfschen Wulstbildungen in den Arterien und die Einlagerung eines hyalinen Knorpels in die interarterielle Scheidewand des Truncus arteriosus bei Iguana.

5. Arterienwandungen bei Vögeln.

Über die Histologie der Vogelarterien liegen ausser den Veröffentlichungen von Argaud weiter keine Arbeiten vor. Argaud gibt darüber folgende Zusammenfassung:

Intima. Die Intima der starken Aorta und die der proximalen Teile der vorderen Extremitätenarterien wird gebildet durch ein Endothel und eine bindegewebig-elastische Lage, in der die elastischen Längsfasern auf Querschnitten sich etwa wie unregelmässige Blumengehänge darstellen. Es gibt keinerlei gut ausgeprägte äussere Abgrenzung der Tunica intima. Mit der Annäherung an die Bifurcatio geht die Zahl der elastischen Längsfasern zurück, während zugleich glatte Muskelfasern erscheinen und eine Limitans interna sich mehr und mehr von den übrigen elastischen Lamellen der Media abhebt. Von der Iliaca primitiva an sind die elastischen und muskulösen Elemente vollständig verschwunden. Einzig eine geringe Bindegewebslage trennt noch das Endothel von der Limitans interna. Von etwa der Mitte der A. femoralis an fehlt auch diese, so dass nunmehr das Endothel unmittelbar auf die Limitans interna zu liegen kommt. Bei den übrigen grossen Arterien verhält sich die Intima ebenso. Distalwärts wird die elastische Lage immer unbedeutender und das Bindegewebe bildet schliesslich allein die Tunica intima.

Media. In den proximalen Teilen der grossen Gefässe gehört die Media zum elastischen Typ, distalwärts ändert sie ihren Bau und wird muskulös. Dieser Übergang geht sehr schroff vor sich in der Aorta und den Eingeweidearterien, dagegen langsam in der Carotis und den Flügelarterien. Von ihrem mittleren Verlaufe ab besitzt die Aorta bei den Vögeln den muskulösen Typ. Hinsichtlich der Art des Überganges verhält sich die Aorta wie die Eingeweidearterien der Reptilien.

Adventitia. Hier besteht eine Art Gleichgewicht zwischen der Entwicklung des elastischen Gewebes der Intima und dem der Adventitia. Im selben Maße, wie die elastische Längsfaserschicht der Intima verschwindet, wächst die der Adventitia. In manchen Arterien, besonders der A. mesen-

terica superior, enthält die Adventitia eine beträchtliche Lage longitudinaler Muskelfasern, die sehr dicht aneinander gedrängt liegen.

Die Topographie der Vogelarterien zeigt im allgemeinen folgendes Bild. Der Truncus arteriosus gibt gleich an der Aortenwurzel zwei Coronararterien ab, die A. Coronaria anterior seu dextra und A. Coronaria posterior seu sinistra. Beim Austritt aus dem Pericard teilt er sich in die Arteria anonyma sinistra und einen kurzen Gefäßstamm, der sich selbst alsbald in eine Arteria anonyma dextra und die Aorta descendens gabelt. Von den beiden Arteriae anonymae gehen nun sämtliche den Kopf, den Hals, die Brust und die vorderen Extremitäten versorgenden Arterien ab. Ihre Verzweigung kann auf sieben verschiedene Arten vor sich gehen. Die gebräuchlichste ist die, dass sich die Art. anonymae in einen Truncus caroticus und eine A. subclavia teilen, der Truncus caroticus dann in eine Arteria vertebralis, A. comes vagi und A. carotis comm., und die A. subclavia in die Arteriae sterno-claviculares, A. axillares und A. thoracicae. Die Aorta descendens gibt neben kleineren Intercostal-, Lumbal- und Spermaticaarterien eine Arteria coeliaca, eine A. mesenterica superior und eine Arteria mesenterica inferior ab. Darauf folgen die paarigen Arteriae crurales, von denen unter andern einige Nierenarterien und die beiden nur schwachen A. femorales abzweigen, und schliesslich in der Bifurcatio die ebenfalls paarigen Arteriae ischiadicae, die Hauptgefässe der unteren Extremitäten, die ebenfalls noch Nierenarterien abgeben und sich etwa in Kniehöhe in die A. tibialis ant. und post. teilen. Distal der Bifurcatio ist die Aorta descendens nur noch schwach. Sie gibt noch die paarigen Art. pudendae comm. ab und endet schliesslich als Aorta caudalis im Schwanze.

Unsere eigenen Untersuchungen erstrecken sich in der Hauptsache auf die Gefässe von Enten und Gänsen, doch wurden ausserdem auch solche von Tauben, vom Eichelhäher, Blässhuhn und Grünfink mit herangezogen. Untersucht wurden so ziemlich alle grossen und mittleren Gefässe, nämlich die Arteria Coronaria cordis, die Aorta in ihrer ganzen Ausdehnung, die A. anonyma, A. Carotis, Gehirnarterien, die A. vertebralis, A. subclavia, A. axillaris, Flügelarterien, Intercostal-, Lumbal-, Spermaticaarterien, die A. coeliaca, A. mesenteria superior und inferior, die A. cruralis, A. femoralis, A. ischiadica, die Renalarterien, die A. pudenda communis und die Art. pulmonalis.

Art. Coronaria cordis. Durch eine Veröffentlichung von Edholm wurde unsere Aufmerksamkeit besonders auf die Histologie der Coronararterien gelenkt, die sonst wohl nicht wären berücksichtigt worden. Edholm beschreibt den sehr eigentümlichen Bau der A. Coronaria cordis des Menschen. Er findet die Media durch eine starke, gefensterte elastische Membran in zwei Schichten geteilt. Die innere ist etwas dicker, besteht aus longi-

tudinal verlaufenden, an Masse etwa gleich starken Bindegewebs- und glatten Muskelfasern und enthält die Hauptmasse der elastischen Substanz in Form von Längsfasern, die aber trotz der Nähe des Herzens weit spärlicher sind als in der Aorta. Die äussere Schicht besteht aus konzentrisch angeordneter Muskulatur, welcher vereinzelte Bindegewebsfasern eingelagert sind. Ihr Reichtum an elastischen Fasern ist nur gering und entspricht dem der A. femoralis. Die trennende elastische Membran findet sich nur distalwärts. Die Elastica externa ist stark entwickelt, desgleichen die aus longitudinalen Bindegewebsfasern bestehende Adventitia.

Über den Bau der Coronararterien bei Vögeln konnten wir in der Literatur keine Angaben finden; auch Argaud beschreibt sie nicht. Wie wir sehen werden, ist hier das Bild etwas anders als beim Menschen.

Die Coronararterien stellen ein Schulbeispiel für die schroffe Übergangsart dar. Sie bekommen aus dem Truncus arteriosus bei ihrem Abgange eine rein elastische Accessoria mit stattlichen Lamellen mit auf den Weg. Jedoch schon ehe die A. coronaria sich vollständig vom Truncus getrennt hat, treten in dem vom Truncus am weitesten abgelegenen, der Einflussöffnung aus dem Truncus gegenüber liegenden Wandungsteile der Arterie nahe an der Elastica interna Muskelinseln auf, die sich schnell ausbreiten und in der Accessoria zunächst in den inneren, dann aber weiter vordringend, auch in den äusseren Lagen der dem Truncus abgekehrten Wandung, sowie in den inneren Lagen der seitlichen Wände überraschend plötzlich den muskulösen Typ zur Herrschaft bringen. Das Bild einer Schnittserie durch den Abgang der Art. coronaria aus dem Truncus wechselt also folgendermaßen: Zuerst ist das der Ausflussöffnung aus dem Truncus gegenüberliegende Wandungsviertel hybrid, und die beiden Seitenwandungen sind elastisch, dann wird jenes muskulös und diese werden hybrid, darauf erfolgt die Trennung der Art. coronaria vom Truncus und die Schliessung des Gefässes durch eine rein elastische Accessoria, so dass in dieser Höhe auf einem Schnitte der elastische, der hybride und der muskulöse Typ nebeneinander zu finden sind. Mit wachsender Entfernung vom Truncus arteriosus nehmen die elastischen Elemente schnell weiter ab und dafür die kontraktilen zu. Bald darauf zeigen die Gefässe nur noch muskulösen und

hybriden und schliesslich rein muskulösen Typ. Doch hält sich der hybride Typ auf der dem Herzen aufliegenden Wandungshälfte noch ziemlich lange. Solch ein hybrides Gefäss zeigt die Abb. 11, ein muskulöses die Abb. 12.

Die Rückbildung der elastischen Lamellen beim Übergange geschieht meist derart, dass die jeweilig zu innerst gelegene Lamelle sich mehr oder weniger stark konvex in die vor ihr liegende Muskularis vorbuchtet und dabei zugleich in gröbere und feinere Fasern sich auflöst, die wie Blumengehänge auszusehen pflegen und häufig beiderseits an eigentümlichen, aus einem dichten Fasergewirr bestehenden elastischen Bindegewebsknoten inserieren. Diese konvexen Fasern wollen wir als Konvexfasern und die elastischen Bindegewebsknoten als elastische Pfeiler bezeichnen. Auf Abb. 11 sind diese Verhältnisse erkennbar. Wir werden den Konvexfasern später noch einmal begegnen.

Über den Bau der muskulösen Tuniken lässt sich folgendes sagen. Die Elastica interna liegt in den proximalen Gefässteilen unmittelbar unter dem Endothel, in den distalen dagegen kommt eine Einlagerung von einer schwachen fibrillären Lage zwischen beiden vor. Häufig ist sie aufgespalten, distalwärts wird sie gelegentlich sehr schwach, ja sie kann sogar ganz verschwinden und wird dann durch eine einreihige Lage elastischer Längsfasern ersetzt, deren runde Querschnitte deutlich erkennbar sind. (Abb. 12). Je reiner die Accessoria den muskulösen Typ ausbildet, um so stärker tritt die von Edholm auch an menschlichen Coronararterien beschriebene Zweiteilung der Accessoria auf. Doch erreicht die innere, longitudinale Muskularis bei der Ente und der Gans selten eine der konzentrischen Muskularis gleich kommende Ausdehnung. Ebenfalls finden wir bei ihnen nie eine als Scheidewand zwischen den beiden Schichten funktionierende gefensterte Membran. In diesen Punkten weicht also die A. coronaria bei den Vögeln, wie es scheint, von der des Menschen ab. Was die Verteilung des elastischen Gewebes anbelangt, ist die innere longitudinale Muskularis hauptsächlich der Sitz longitudinaler elastischer Fasern, hingegen die äussere konzentrische der von Radiärfasern (Abb. 12). Zwar ist der Gesamtgehalt an elastischem Gewebe in der A. coronaria in den distalen muskulösen Teilen nur noch unbedeutend, aber trotzdem oder vielleicht gerade deshalb sind in ihr die Radiärfasern und andere

feinere Faserstrukturen gut ausgebildet. R_1 und R_3 Fasern sind seltener, häufiger dagegen R_2 Fasern, die zumeist gespannt sind und daher die Elastica interna, an der sie inserieren, zum Teil stark einziehen. Man gewinnt hierdurch eine Vorstellung davon, wie die Erweiterung der Gefässe nach der Kontraktion nun eigentlich vor sich geht. Statt der R_3 Fasern finden sich häufig die von Bonnet beschriebenen Gabelfasern, die in einem nach dem Lumen zu konvexen Bogen von der Elastica externa aus in die Accessoria hineinstrahlen.

Die Elastica externa besteht aus einer Lage dichtgedrängter, starker elastischer Längsfasern der Conjunctiva, der sich in den äussersten Lagen der Accessoria als letztes Überbleibsel vom hybriden Typ her häufig noch Reste der konzentrischen Lamellen auflagern. Von der Elastica externa ragen gelegentlich kleine Zapfen elastischen Gewebes in die Accessoria hinein, die an die elastischen Pfeiler der Konvexfasern beim Übergang zum hybriden Typ erinnern und den Ausgangspunkt eines Strahlenbüschels von Radiär- und Gabelfasern zu bilden pflegen, wie es Rothfeld beschreibt (R_4 Fasern). Es scheint uns, dass sowohl diese Zapfen und Pfeiler, wie auch die Bonnetschen Gabelfasern und die Konvexfasern derselben Natur sind, wie sich denn auch zwischen ihnen alle Übergänge finden. Ursprünglich stehen die elastischen Pfeiler mitten in der hybriden Accessoria auf der Grenze zwischen der muskulösen und elastischen Schicht. Mit der Annäherung an den muskulösen Typ und dem damit verbundenen Rückgange des elastischen Gewebes werden sie schwächer und ziehen sich auf die Elastica zurück, wo sie jetzt nur noch die Gestalt kleiner Zapfen haben. Zugleich nehmen die ursprünglich nur schwach gekrümmten Konvexfasern eine stärkere Krümmung an und gehen so in die Gabelfasern über. Es ist hierzu zu bemerken, dass diese Pfeiler und Zapfen nicht etwa massive Komplexe elastischen Gewebes, sondern, wie schon oben gesagt wurde, einen dichten Knoten starker elastischer Fasern, meist longitudinaler Richtung, darstellen.

Besonders haben wir die A. coronaria noch auf die von Bonnet beschriebenen Bogen- oder Guirlandenfasern hin untersucht, weil sie uns bei dem hohen Grade der Differenzierung, die das elastische Gewebe in ihnen zeigt, ein günstiges Untersuchungsobjekt zu sein schienen. Jedoch sind die Ergebnisse negativ ausgefallen.

Nur in zwei Fällen konnten wir Fasern feststellen, die annähernd die von Bonnet beschriebene Struktur aufweisen: Fasern, die zwar von einer Faltenkuppe der Elastica interna zur andern ziehen, aber doch den einheitlichen Zug vermissen lassen, den die von Bonnet aus der A. lienalis hominis abgebildeten Bogenfasern aufweisen. Immerhin lässt sich aber sagen, dass die Art. Coronariae cordis der Vögel recht dankbare Untersuchungsobjekte sind, einmal, weil sich an ihnen sehr gut der schroffste Übergang vom elastischen zum muskulösen Typ studieren lässt, den man sich wohl denken kann, und dann wegen der Mannigfaltigkeit in der Differenzierung der elastischen Faserelemente der Accessoria, die wohl ihren Grund in der besonderen funktionellen Anpassung der A. Coronaria an das in ständiger rhythmischer Bewegung befindliche Widerlager haben dürfte.

Aorta. Im Truncus und der Aorta thoracica ist der Wandungsbau rein elastisch. Starke elastische Lamellensysteme wechseln mit schmalen, konzentrischen Muskelbändern ab. In der Intima der Autoren verlaufen die elastischen Elemente longitudinal, in der Media konzentrisch. Feinere elastische Strukturen finden sich nicht.

Bis zum Abgange der A. coeliaca ändert sich der Wandungsbau wenig. Er bleibt elastisch, lediglich die Stärke der elastischen Lamellen nimmt ab, auch verschwindet die longitudinale Intima.

Nach Abgang der A. coeliaca beginnt der Übergang der Aorta descendens vom elastischen zum hybriden Typ, merkwürdigerweise aber nicht auf dem ganzen Umfange des Gefässes, sondern zunächst nur in den ventralen Wandungsteilen, während die dorsalen, der Wirbelsäule aufliegenden Teile zunächst noch elastisch bleiben. Ein Schnitt durch die Aorta descendens zwischen dem Abgange der A. coeliaca und A. mesenterica superior zeigt daher ähnliche Verhältnisse, wie wir sie für die A. Coronaria cordis beschrieben. Die Abb. 13—15 bringen sie zur Darstellung. Alle drei Bilder sind von demselben Schnitte genommen. Abb. 13 zeigt die elastische dorsale Wandung, Abb. 15 die noch schwach hybride ventrale Wand und Abb. 14 die laterale Ansicht mit dem Übergange zwischen beiden. Auch hier finden sich, wie bei der A. Coronaria, die dicken elastischen Pfeiler, hingegen werden Konvexfasern nicht beobachtet. In Mengen finden sich R_1 und R_3 Fasern, die mit den kon-

zentrischen elastischen Elementen dichte, zierliche Gerüstwerke bilden.

Nach dem Abgange der A. mesenterica superior ändert sich der Bau der Aorta descendens insofern, als die dorsale Wand ebenfalls hybrid wird. Trotzdem bleibt ihre Dicke die gleiche, während die der ventralen infolge weiterer Annäherung an den muskulösen Typ wächst, so dass sich ihre Wandungsstärken wie 1 : 2 verhalten. Diese Verhältnisse bleiben bis zum Abgange der Ischiadicaarterien unverändert die gleichen, erst distal der Bifurcatio findet sich wieder die gleiche Wandstärke in der ganzen Gefässwand (Einwirkung der Auflagerung auf die Wirbelsäule).

Aus den konzentrischen elastischen Lamellen in den äussersten Lagen der Accessoria verschwinden nach Abgang der A. mesenterica superior die Muskelfasern sehr schnell, wodurch diese Lamellen aus der Accessoria ausscheiden und als konzentrische Elastica externa der Conjunctiva zuzurechnen sind. Wir finden daher gleich nach dem Abgange der Eingeweidearterien in der Aorta den gemischten Typ. Eine grosse Zahl von Zirkulärfasern bildet hier mit R_1 und R_3 Fasern stark verschlungene Netze mit engeren und weiteren Maschen. Dieser gemischte Typ erhält sich distalwärts weithin, erst nach dem Abgange der A. pudenda comm. wandelt er sich in den muskulösen um.

An besonderen elastischen Strukturen treten in der Aorta vom gemischten Typ, abgesehen von R_1 und R_3 Fasern und gelegentlichen Gabelfasern, bei der Abgabe grösserer Gefässe starke Systeme von Konvexfasern auf, die ihren Ausgang von elastischen Zapfen der Elastica externa oder von in die Accessoria eingelagerten elastischen Pfeilern nehmen. Abb. 16 und 23 bringen diese Verhältnisse auf Längsschnitten durch den Abgang der A. ischiadica und A. pudenda comm. von der Aorta zur Anschauung.

Art. anonyma mit Verzweigungen. Die Art. anonyma ist rein elastisch, ebenfalls der Truncus caroticus im proximalen Teile. Distalwärts geht dieser dann bald zum gemischten Typ über. Bereits die A. Carotis comm. und A. vertebralis zeigen einen dem muskulösen sehr angenäherten Wandungsbau, wie ihn etwa die Aorta kurz vor Abgang der A. pudenda comm. aufweist. In ihnen finden sich viele R_1 und R_3 Fasern, in der A. vertebralis treten häufiger auch Gabelfasern auf. Abb. 17 stellt auf einem Schnitt durch die Art. vertebralis einen elastischen

Pfeiler dar, an dem beim Abgange eines kleineren Gefässes die gesamten konzentrischen elastischen Elemente der Accessoria inserieren. Einen ähnlichen Schnitt hat auch Argaud zur Erläuterung der Astabgabe bei Visceralarterien abgebildet.

Sobald die Arterien in die Schädelhöhle eintreten, gehen sie zum rein muskulösen Typ über (Triepel). An elastischen Elementen findet sich dann in ihnen nur noch die Elastica interna und externa, und zwar in sehr schwacher Ausbildung, sonst aber auch nicht eine einzige Faser. Abb. 18 zeigt diese Verhältnisse an einem Schnitte durch einen Zweig der Art. ophthalmica.

Die A. axillaris ist wie die proximalen Teile des Truncus caroticus noch elastisch. Der elastische Typ setzt sich auch in den Flügelarterien fort, erst in der A. radialis beginnt allmählich die Umwandlung zum muskulösen Typ.

Eingeweidearterien. Die A. coeliaca entspringt aus der Aorta als elastisches Gefäss, geht aber sogleich durch schroffen Übergang zum gemischten Typ über, den sie noch weithin in ihren Verzweigungen beibehält. Die Muskularis enthält zahlreiche konzentrische elastische Fasersysteme, zwischen denen sich ein reiches Netzwerk von Radiärfasern und anderen Faserelementen ausspannt. Häufig beobachtet man in der A. coeliaca und ihren Verzweigungen, besonders vor der Abgabe eines Seitenastes, Gabelfasern und Büschel von R_4 Fasern, das heisst solche, die von einem aus der Elastica externa herausragenden elastischen Zapfen ihren Ursprung nehmen. Abb. 21 und 22 zeigen diese Strukturen. Abb. 22 stellt einen Schnitt durch eine Abzweigung selbst dar. Das abgebildete Wandungsstück gehört zu dem abgehenden kleineren Gefässe und ist etwas schräg getroffen. Abb. 21 zeigt einen Querschnitt durch dasselbe Gefäss in kurzem Abstande von der Abzweigung.

Bei den A. mesentericae liegen die Verhältnisse ähnlich. Sie gehören ebenfalls zum gemischten Typ und wandeln sich nur sehr allmählich zum muskulösen um. Auch bei ihnen sind auf jedem Schnitte zahlreiche R^1 und R_3 sowie Gabelfasern zu beobachten.

Die Renalarterien sind in ihren Ursprüngen noch vom gemischten Typ, doch vermindert sich in ihnen das elastische Gewebe sehr bald, und allmählich gehen sie so in den muskulösen über. Sie zeigen ebenfalls grossen Reichtum an R_1 und R_3, sowie Gabelfasern. Es kommen auch R_2 und R_4 Fasern vor.

Untere Extremitätenarterien. Im Gegensatz zu den Arterien der oberen Extremitäten besitzen die der unteren schon vom Ursprung an den gemischten Typ. In den proximalen Teilen der A. ischiadica ist die Masse der elastischen Fasern in der Accessoria nur noch gering. In der Struktur ähneln sie sehr denen der Eingeweidearterien, was besonders durch die Bildung von dichten Faserbüscheln an der Elastica externa zum Ausdruck kommt. Die A. ischiadica ist reich an R_1 und R_3 Fasern, die mit den Zirkulärfasern mannigfaltige Netzwerke bilden. Weiter distal geht sie in ihren Fortsetzungen zum muskulösen Typ über.

Ähnlich wie die A. ischiadica verhält sich die A. cruralis. Auch sie ist vom Ursprung an vom gemischten Typ, zeigt aber weiter distalwärts als die Art. femoralis schon den muskulösen. Die A. femoralis ist reich an feineren Faserstrukturen. In ihr finden sich neben den anderen schon häufiger beschriebenen Fasern auch R_5 Fasern. Eine solche ist als Abb. 19 abgebildet: eine dicke, von der Elastica externa ausgehende Radiärfaser, die in ihrem Verlaufe durch Abgabe von Seitenfasern allmählich zerfällt. Abb. 20 zeigt wieder ein von einem elastischen Zapfen ausgehendes Faserbüschel (R_4 Faser).

Art. pulmonalis. Die A. pulmonalis ist in ihrem Verlaufe vom Truncus bis zur Lunge ein elastisches Gefäss. Sie besitzt ziemlich breite, von zwei starken elastischen Lamellen eingefasste konzentrische Muskelbänder, zwischen denen sich ein Geflecht von elastischen Fasern ausbreitet. Dieses Bild ist für die elastische Art. pulmonalis der Vögel typisch. Feinere elastische Strukturen finden sich nicht. Erst mit dem Eintritt in die Lunge geht die A. pulmonalis ziemlich schroff zum muskulösen Typ über.

Zusammenfassung. Bei den Vögeln gehören zum elastischen Typ der Truncus arteriosus, die Aorta bis nach Abgabe der A. coeliaca, die A. anonyma, A. subclavia und A. axillaris, die proximalen Teile des Truncus caroticus und die A. pulmonalis ausserhalb der Lunge.

Den gemischten Typ zeigen die Aorta nach Abgabe der A. mesenterica superior bis nach Abgabe der A. pudenda comm., die Eingeweidearterien in der weitaus grössten Strecke ihres Verlaufes, die Hals- und unteren Extremitätenarterien, sowie die der oberen Extremitäten von der Art. radialis an.

Die A. Coronaria cordis, die Gehirnarterien, die A. pulmonalis in der Lunge, sowie sämtliche Fortsetzungen der genannten Gefässe vom gemischten Typ sind muskulös.

Der schroffe Übergang findet sich hauptsächlich am Ursprunge der A. Coronaria cordis und der A. coeliaca, weniger schroff in der Aorta zwischen Abgang der A. coeliaca und A. mesenterica superior. In diesen Fällen findet sich auf kurze Strecken der hybride Typ. Alle übrigen Übergänge gehen allmählich vor sich.

Das elastische Gewebe tritt in den Arterien vom elastischen Typ in starken elastischen Membranen auf, in denen vom hybriden und gemischten Typ hauptsächlich als konzentrische Ringfasern und Lamellen. Stets ist in den Vogelarterien eine Elastica externa ausgebildet, die meist konzentrisch verläuft und bedeutende Stärke aufweist.

Feinere elastische Strukturen finden sich in grosser Menge. In allen Gefässen vom gemischten Typ kommen R_1, R_3 und auch Gabelfasern vor, die mit den konzentrischen elastischen Elementen meist vielverflochtene Netzwerke bilden. Als Besonderheit treten in den Vogelarterien, besonders bei Astabgängen, Konvexfasern auf, die an elastischen Pfeilern inserieren, und in deren Nähe Büschel von R_4 Fasern, welche von aus der Elastica externa herausragenden elastischen Zapfen ihren Ursprung nehmen. Diese beiden Strukturen scheinen an die Abzweigungen gebunden zu sein. Besonders gut sind die feineren Fasern in den muskulösen Arterien ausgebildet, die noch etwa mittlere Grösse besitzen, wie in der A. Coronaria und A. femoralis. Hier finden sich neben anderen auch R_2 und R_5 Fasern.

III. Zusammenfassung und Ergebnisse.

Bei Haien finden sich Arterien vom hybriden, gemischten und muskulösen Typ mit konzentrisch gebauter Accessoria und wohl davon getrennter, longitudinal verlaufender Conjunctiva. In den Eingeweidearterien kann sich in der Accessoria an die Ringmuskelhaut nach aussen noch eine longitudinal verlaufende, stark bindegewebshaltige Muskelschicht anlagern. In dem der Wirbelsäule aufgelagerten Teile der Aortenwand verschwindet die Accessoria ganz oder teilweise. Die feineren elastischen Elemente bilden in der Accessoria Netzwerke. Es treten R_1 und R_3, seltener R_2 Fasern auf.

Bei Knochenfischen finden wir Arterien von bindegewebigem Typ mit nur schwacher, wenig differenzierter Accessoria. Radiärfasern kommen nicht vor.

Bei Amphibien gehen die Arterien vom elastischen Typ im allmählichen Übergange nicht zum gemischten, sondern zum bindegewebigen Typ über. Dieser bindegewebige Typ ist für Amphibienarterien kennzeichnend. Erst sehr weit distalwärts wandelt er sich in den muskulösen um. Fast in allen Gefässen, besonders aber der mittleren Aorta descendens und den Eingeweidearterien, kann in der Accessoria neben der konzentrischen Ringmuskelhaut auch eine stark bindegewebshaltige Längsmuskelschicht auftreten. Das elastische Gewebe ist nur schwach differenziert. In den Arterien vom elastischen Typ findet man nur wenig echte Lamellen. Meist werden diese durch Geflechte sehr starker konzentrischer Fasern ersetzt. In den Arterien vom bindegewebigen Typ tritt ein Gefilz von sehr feinen elastischen Fäserchen auf. Radiärfasern kommen fast nur in Arterien von muskulösem oder annähernd muskulösem Typ vor, in solchen vom bindegewebigen Typ nur, wenn eine zusammenhängende Ringmuskelhaut vorhanden ist. Es sind spärliche R_1 und R_3 Fasern, seltener R_2 Fasern.

Bei Reptilien bewahren die Hauptgefässe weithin distalwärts den elastischen Typ. Vom gemischten Typ sind die Aorta descendens distalwärts von der Bifurcatio und die proximalen Äste der Extremitäten- und Eingeweidearterien. Die A. pulmonalis wie alle übrigen Arterien sind muskulös. Der Übergang erfolgt bei den Eingeweidearterien ziemlich schnell, ohne jedoch den hybriden Typ zu bewirken, in allen übrigen Fällen nur langsam und allmählich. In den Eingeweidearterien kann sich in der Accessoria, ähnlich wie bei den Haien und Lurchen, neben der Ringmuskelhaut noch eine mit vielem Bindegewebe durchsetzte Längsmuskelschicht einlagern. An feineren elastischen Elementen finden sich in den Arterien vom gemischten Typ R_1 und R_3 Fasern, Gerüstwerke bildend. In den muskulösen Arterien treten auch noch R_2 Fasern hinzu. Bei Iguana findet sich ein in die Aortenwurzel eingelagerter Knorpel, dessen Grösse und Gestalt schwankt. Ihm aufgelagerte Teile der Aortenwandung erfahren eine Verringerung ihrer Dicke.

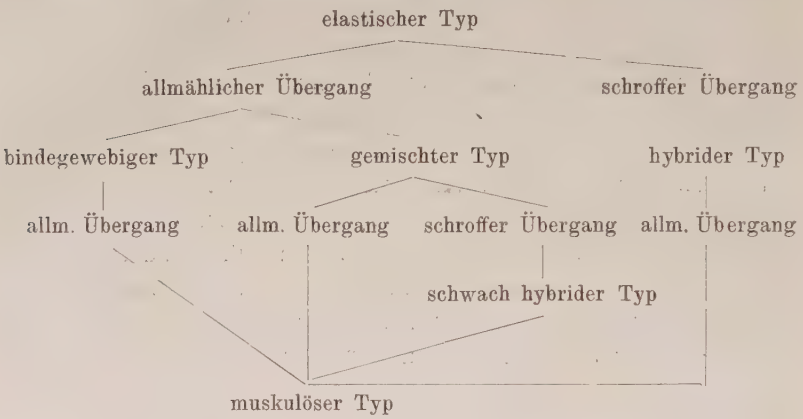
Bei Vögeln ist der elastische Typ festgestellt in der Aorta descendens bis zum Abgange der A. coeliaca, in den proximalen

Flügel- und Halsarterien und in der A. pulmonalis, der gemischte Typ in der Aorta descendens bis zum Abgange der A. pudenda communis, in den Hals- und unteren Extremitätenarterien, den Flügelarterien bis zur A. radialis und in den Eingeweidearterien. Die A. coronaria cordis, die Gehirnarterien und sämtliche übrigen Gefässfortsetzungen sind muskulös. Der hybride Typ findet sich auf kurze Strecken am Ursprung der A. Coronaria cordis und der A. coeliaca, schwächer in der Aorta descendens zwischen Abgang der A. coeliaca und A. mesenterica superior als Folge des schroffen Überganges. In allen anderen Fällen erfolgt der Übergang allmählich. Die der Wirbelsäule aufliegenden Teile der mittleren Aorta descendens besitzen nur die halbe Stärke der freien Wandung, auch bewahren sie länger den elastischen Typ. Die Vogelarterien zeichnen sich durch eine hochgradige Differenzierung des elastischen Gewebes aus. In sämtlichen Gefässen vom gemischten Typ kommen R_1 und R_3 Fasern, sowie Gabelfasern vor, in den muskulösen mittlerer Grösse auch R_2 und R_5 Fasern. Bei Astabgängen und Gefäßstellungen treten Konvexfasern und R_4 Fasern auf.

Aus dieser gedrängten, letzten Zusammenfassung wollen wir zum Schluss eine kurze Darstellung der Ergebnisse dieser Arbeit ableiten.

1. Wir unterscheiden mit Argaud den elastischen, den hybriden, den gemischten, den muskulösen und den aberranten Typ. Bei der Untersuchung der Arterien von Fischen und Lurchen sahen wir uns genötigt, noch einen sechsten Arterientyp aufzustellen, den bindegewebigen. Dieser bindegewebige Typ wird charakterisiert durch das Überwiegen des Bindegewebes über die kontraktilen und elastischen Elemente in der Accessoria. Es kann hier eine geschlossene innere Ringmuskelhaut auftreten, aber stets wird sie nach aussen zu mehr und mehr von Bindegewebe durchsetzt und geht so ganz allmählich in die Conjunctiva über. Der bindegewebige Typ entwickelt sich aus dem elastischen Typ in der Weise, dass die starken elastischen Fasersysteme allmählich verschwinden, wie beim Übergange in den gemischten Typ, dass zugleich aber die Muskelfasern gar nicht oder nur in geringem Maße zunehmen. Er kennzeichnet sich dadurch als ein primitiver Arterientyp.

Das System der Arterientypen würde sich also nach unserer Auffassung folgendermassen gestalten:



2. Vergleicht man den Wechsel der einzelnen Arterientypen in den verschiedenen Wirbeltierklassen, so sieht man, dass er keineswegs gleichmässig erfolgt. Bei den Haien zeigt nach Argaud nur der Truncus arteriosus elastischen Typ, bei den Lurchen dagegen der Truncus arteriosus und die proximalen Teile der Aortenbögen, bei den Reptilien auch noch die Aorta bis zur Bifurcatio, bei den Vögeln aber wieder nur bis zum Abgange der A. coeliaca. Ein ähnliches Beispiel ist die A. pulmonalis. In ihrem Verlaufe ausserhalb der Lunge ist sie bei den Reptilien muskulös, bei den Vögeln dagegen elastisch. Welche Gründe dafür vorliegen, bleibt weiteren Untersuchungen überlassen.

3. In den Arterien von Haien, Amphibien und Reptilien kommen ausserhalb der konzentrisch gebauten Accessoria häufig Einlagerungen von longitudinal verlaufenden Schichten vor, die zahlreiche Muskelfasern enthalten und allmählich ohne Begrenzung in die Conjunctiva übergehen. Diese Schichten sind nach den von uns übernommenen Definitionen Bonnets der Accessoria zuzurechnen. Sie finden sich hauptsächlich in Arterien, welche häufigen Veränderungen ihrer Lage ausgesetzt sind, wie in den Eingeweidearterien und in der nur sehr locker der Wirbelsäule auflagernden Aorta descendens von Cryptobranchus. Möglicherweise stellen sie eine funktionelle Anpassung an die das Arterienrohr von aussen her beeinflussenden Bedingungen dar. Doch fällt auf, dass sie sich bei Vögeln nicht mehr finden.

Die von Dragendorf morphologisch untersuchten und beschriebenen Wulstbildungen, die bei Amphibien und Reptilien beim Abgange von Gefässen in das Lumen der Arterien hineinragen, bestehen histologisch aus einem Bündel längsverlaufender Muskelfasern, welche in ein ebenfalls längsverlaufendes, dichtes elastisches Fasergeflecht eingelagert sind. Ihr Verhalten zur Elastica interna ist verschieden. Sie können zwischen Endothel und Elastica interna wie zwischen Elastica interna und der Ringmuskelhaut der Accessoria eingelagert sein, ja die Elastica interna kann sich spalten und das Gewebsbündel in sich einschliessen. Nie aber haben diese Wulstbildungen Einfluss auf den Bau der Ringmuskelhaut der Accessoria.

5. Eine Verringerung der Wandungsstärke wird beobachtet bei der Aorta descendens der Haie infolge Auflagerung auf die Wirbelsäule, beim Truncus arteriosus von Iguana infolge Auflagerung auf den Herzknorpel, und bei der Aorta descendens von Vögeln ebenfalls infolge Auflagerung auf die Wirbelsäule. Auch wird festgestellt, dass sich in der der Wirbelsäule aufliegenden Wandungshälfte hier der elastische Typ länger erhält als in der freien Wandung.

6. Bei Iguana findet sich in der Aortenwurzel in der interarteriellen Scheidewand des Truncus ein Knorpel eingelagert, dessen Grösse und Gestalt individuell schwankt.

7. Radiärfasern und andere feinere Faserstrukturen sind in ihrem Vorkommen auf Arterien vom gemischten und muskulösen Typ beschränkt. Bei Anamnien und Reptilien treten sie nur erst sehr spärlich auf, und auch nur als R_1 und R_3 Fasern, in muskulösen Arterien gelegentlich auch als R_2 Fasern. Erst bei den Vögeln setzt die Differenzierung der feineren elastischen Faserstrukturen ein. Hier finden sich von den durch die Autoren beim Menschen beschriebenen Faserarten ausser den R_1, R_2 und R_3 Fasern auch zahlreiche Gabelfasern und R_4 Fasern. Diese letzteren stehen meist im Zusammenhang mit dem schroffen Übergange vom elastischen zum muskulösen Typ und finden sich daher vorzugsweise bei Arterien vom hybriden Typ. Ihnen verwandt sind die bei Teilung oder Astabgabe häufig in Arterien vom gemischten Typ auftretenden Konvexfasern. Die von Rothfeld beschriebenen R_5 Fasern dagegen wurden nur in einem Falle beobachtet, und die von Bonnet beschriebenen und abgebildeten

Bogen- oder Girlandenfasern konnten überhaupt nicht festgestellt werden.

8. Vergleicht man zum Schluss den Gesamthabitus der Arterienwandungen der Anamnien und Sauropsiden untereinander, so lässt sich unverkennbar eine Aufwärtsentwicklung unter ihnen feststellen. Bei den Fischen sind die Wandungen schwach und wenig differenziert. Bei den Amphibien sind sie ebenfalls noch dünnwandig im Verhältnis zum Lumen, und stark mit Bindegewebe durchsetzt, daher auch meist in kollabiertem Zustande. Die Muskelfasern sind nur schwach ausgebildet und das elastische Gewebe wenig differenziert. Bei den Reptilien stehen Wandung und Lumen in dem von menschlichen Arterien her gewohnten Verhältnis. Die Muskelfasern haben sich zu einer starken Ringmuskelhaut zusammengeschlossen, nur selten finden sich noch bindegewebshaltige äussere Längsmuskelschichten. Feinere elastische Faserstrukturen sind aber immer noch selten. Bei den Vögeln endlich verschwinden auch die Längsmuskelschichten und das elastische Gewebe erreicht einen hohen Grad der Differenzierung. Lediglich die Haifischarterien fallen aus diesem Schema heraus. Sie zeigen einen höheren Grad der Ausbildung als man der Entwicklungsstufe der Selachier nach annehmen sollte.

Am Schluss unserer Ausführungen angelangt, ist es uns eine angenehme Pflicht, allen denjenigen Herren unsern verbindlichsten Dank auszusprechen, die durch Rat und Tat uns unterstützt haben: in erster Linie Herrn Geh. Medizinalrat O. Hertwig, auf dessen Anregung auch diese Arbeit zurückgeht, ferner den Herren Prof. Dr. R. Krause und Prof. Dr. Poll; für die Beschaffung des Materials u. a. Herrn Geheimrat Heinke, Direktor der Königl. biolog. Anstalt auf Helgoland, und für die Anfertigung der Lichtbilder Frl. Lotte Winkler aus Wilmersdorf und Herrn Hannes Schombardt aus Braunschweig.

IV. Literaturangaben.

Ein ausführliches Verzeichnis der einschlägigen Literatur bis 1896 findet sich bei Grünstein, bis 1908 bei Argaud.

1. 1878. Roux: Über die Verzweigung der Blutgefässe. Jen. Zeitschrift f. Nat., 12. Bd.
2. 1893. Thoma: Untersuchungen über die Histogenese und Histomechanik des Gefäßsystems. Stuttgart.
3. 1895. Bonnet: Vortrag über den Bau der Arterienwand. Deutsche med. Wochenschrift, Bd. 21.
4. 1896. Schiefferdecker: Bau der Wandungen der Blutgefässe. Vortrag. Sitzungsber. d. niederrhein. Ges. f. Naturkunde, Bonn.
5. 1896. Grünstein: Über den Bau der grösseren menschlichen Arterien. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 47.
6. 1896. Triepel: Das elastische Gewebe in der Wand der Arterien der Schädelhöhle. Anat. Hefte, I, Bd. 7.
7. 1898. Triepel: Über die elastischen Eigenschaften des elastischen Bindegewebes, des fibrillären Bindegewebes und der glatten Muskulatur. Anat. Hefte, I, Bd. 10.
8. 1900. Schöppler: Über die feinere Struktur der Hirnarterien einiger Säugetiere. Anat. Hefte, I, Bd. 15.
9. 1901. Thoma: Über den Verzweigungsmodus der Arterien. Roux' Archiv, Bd. 12.
10. 1902. Triepel: Einführung in die physikalische Anatomie. Wiesbaden.
11. 1902. Suchard: Structure du bulbe, du coeur, du tronc artériel et des vaisseaux, qui partent de ce tronc chez quelques Batraciens. Arch. d'anatomie microsc., tom. V.
12. 1902. Thienel: Vergleichende Untersuchungen über den mikroskopischen Bau der Blutgefässe der Schultergliedmaßen usw. Diss., Bern.
13. 1903. Priebatsch: Über Histogenese der Aortenwand mit besonderer Berücksichtigung der elastischen Fasern. Diss., Berlin.
14. 1903. Ebener und Kölliker: Handbuch der Gewebelehre des Menschen, Bd. 3. Leipzig, 6. Aufl.
15. 1903. Busse: Vergleichende Untersuchungen über den mikroskopischen Bau der arteriellen Blutgefässe des Beckens und der Beckengliedmaßen usw. Diss., Zürich.
16. 1903. Argaud: Recherches sur la structure des artères chez l'homme. Thèse, Toulouse.
17. 1904. Baum und Thienel: Über Besonderheiten im Bau der Blutgefässe. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 63.
18. 1904. Reissinger: Vergleichende Untersuchungen über den mikroskopischen Bau der arteriellen Blutgefässe des Kopfes und Halses der Haussäugetiere. Diss., Bern.
19. 1904. Argaud: Structure des artères chez les oiseaux. C. r. des Anatomistes. Toulouse.

20. 1905. Bärner: Über den histologischen Bau der Arterien in der Brust- und Bauchhöhle des Pferdes mit besonderer Berücksichtigung der Anpassung dieser Gefässe an die Umgebung. Jen. Zeitschr. f. Naturw., Bd. 40.
21. 1905. Argaud: Structure des artères chez les Reptiles. Bibliogr. anatom.
22. 1907. Schöppler: Über die feinere Struktur der Hirnarterien einiger Säuger. Anat. Hefte, I, Bd. 34.
23. 1907. Dürck: Über eine neue Art von Fasern im Bindegewebe und in der Blutgefässwand. Virch. Arch., Bd. 189.
24. 1907. Bonnet: Über den Bau der Arterienwand. Sitzungsber. der niederrhein. Gesellsch. f. Naturk., Bonn.
25. 1908/09. Argaud: Recherches sur l'histotopographie des éléments contractiles et conjonctifs des parois artérielles chez les Mollusques et les Vertébrés. Journal de l'Anat. et de la Physiolog., année 44 et 45, Paris.
26. 1909. Bory: Rôle de la tunique interne dans la constitution des parois artérielles. C. r. Soc. Biolog., Paris, tom. 66.
27. 1910. Bory: De l'édification élastique dans les artères de l'embryon. C. r. Soc. Biolog., Paris, tome 67.
28. 1910. Oppel: Über die gestaltliche Anpassung der Blutgefässe. Leipzig.
29. 1911. Dragendorf: Über die Formen der Abzweigungsstellen von Arterien bei den Wirbeltieren. Anat. Hefte, I, Bd. 42.
30. 1911. Rothfeld: Zur Kenntnis der radiären elastischen Fasern in der Blutgefässwand. Anat. Anz., Bd. 38.
31. 1911. Vanzetti: Sur la présence du tissu cartilagineux dans le coeur du lapin. Arch. ital. de biologie, tom. 56.
32. 1912. Favaro: Sulle cartilagini cardiache dei Mammiferi. Atti Accad. Sc., Padova, Vol. 28.
33. 1912. Retterer et Lelièvre: Du développement et la structure des os du coeur de quelques ruminants. C. r. Soc. Biol., Paris, tom. 72.
34. 1912. Dieselben: Des variations de la structure du squelette cardiaque des Vertébrés. Ebendort.
35. 1912. Retterer et Neuville: Squelette cardiaque d'un vieil ours. Ebendort.
36. 1912. Bonnet: Über den Bau der Arterienwand, unter besonderer Berücksichtigung der Masse und Anordnung des elastischen, besser „gelben" Bindegewebes. Anat. Anz., Ergänzungsheft zum Bd. 41.
37. 1912. Edholm: Über die Arteria coronaria cordis des Menschen. Anat. Anz., Bd. 42.

Lebenslauf.

Der Verfasser dieser Arbeit, Ortwin Reinecke aus Braunschweig, lutherischen Bekenntnisses, wurde am 11. August 1891 zu Braunschweig als Sohn des Lehrers Wilhelm Reinecke geboren, erwarb das Zeugnis der Reife Ostern 1910 am Herzogl. Gymnasium Martino-Catharineum in seiner Vaterstadt, bezog darauf die Universität München und im Herbst 1911 die Universität Berlin. Er hörte die Vorlesungen und beteiligte sich an den praktischen Übungen folgender Herren: v. Baeyer, Goldschmidt, v. Göbel, Hartogs, Hegi, Richard v. Hertwig, Lindemann, Paul, Pauly, Pringsheim und v. Röntgen in München, Benecke, Blasius, Branca, Brauer, Claussen, Deegener, Erdmann, Emil Fischer, v. Guttenberg, Max Hartmann, Oskar Hertwig, Heymons, Kuntze, Liebisch, Neuhaus, Poll, Röthe, F. E. Schulze, Smith, Wahnschaffe, Wehnelt, Weißenberg und Wichelhaus in Berlin. Im Herbst 1913 arbeitete er ausserdem an der Königl. biologischen Anstalt auf Helgoland.

Nach Ausbruch des Krieges im Sommer 1914 trat er als Kriegsfreiwilliger in das Res.-Inf.-Regiment 78 ein und machte dessen Kämpfe vor Reims, die Winterschlacht in der Champagne und im Sommer die Kämpfe in den Vogesen im Bereiche des Münstertales mit, wurde dabei am 19. August 1915 am Schratzmännele verwundet und schied somit fürs erste aus der Front aus.

Am 16. Dezember 1915 bestand er zu Berlin die Doktorprüfung.

Tafelerklärungen.

Tafel I.

Abb. 1. Cryptobranchus japonicus, Querschnitt durch einen Aortenbogen. nahe der Radix Aortae. Hybrider Typ, R_1 Faser.

Abb. 2. Cryptobranchus japonicus, Querschnitt durch die Aorta descendens, Hybrider Typ, links ein Dragendorfscher Wulst.

Abb. 3. Cryptobranchus japonicus, Ramulus einer Art. mesenterica, quergeschnitten. Annäherung an den muskulösen Typ.

Abb. 4. Cryptobranchus japonicus, Art. lienalis, quergeschnitten. Gem. Typ.

Abb. 5. Cryptobranchus japonicus, A. mesenterica posterior, kurz nach Abgang von der Aorta descendens, längsgeschnitten. Hybrider Typ.

Abb. 6. Iguana tuberculata. Aorta descendens vor Abgang der grossen Eingeweidearterien. Elastischer Typ. In das Lumen hineinragend ein Dragendorfscher Wulst.

Abb. 7. Iguana tuberculata. Arteria brachialis. Fast muskulöser Typ, mit einem einzelnen elastischen Lamellensystem in der Mitte.

Abb. 8. Iguana tuberculata. Truncus arteriosus. Knorpel in der interarteriellen Wand.

Abb. 9. Iguana tuberculata. Art. pulmonalis, quergeschnitten. Muskulöser Typ. Elast. Gerüstwerk aus R_1, R_3 und R_2 Fasern.

Abb. 10. Lacerta agilis. Art. pulmonalis. Rein muskulöser Typ.

Tafel II.

Abb. 11. Anas Boschas. Art. coronaria cordis am Truncus arteriosus. Hybr. Typ. Elastische Pfeiler und Konvexfasern.

Abb. 12. Anser domesticus. Art. coronaria cordis, distal. Muskulöser Typ. R_2 Fasern.

Abb. 13. Anas Boschas. Aorta descendens nach Abgabe der Art. coeliaca. Dorsale Wandung, elast. Typ.

Abb. 14. Anas Boschas. Derselbe Schnitt, laterale Wandung, hybrider Typ mit elast. Pfeilern.

Abb. 15. Anas Boschas. Derselbe Schnitt, ventrale Wandung, muskulöser Typ. Elastisches Gerüstwerk aus Zirkulär- und Radiärfasern.

Abb. 16. Anas Boschas. Aorta descendens am Abgange der Art. pudenda comm. Längsschnitt. Elast. Pfeiler und Konvexfasern.

Abb. 17. Anas Boschas. Art. vertebralis. Musk. Typ. Elast. Pfeiler bei der Abgabe eines kleineren Seitenastes.

Abb. 18. Anser domesticus. Art. ophthalmica. Gefäss aus der Schädelhöhle. Die Elastica interna ist das einzige elastische Element.

Abb. 19. Anser domesticus. Art. femoralis. Muskulöser Typ. R_5 Faser.

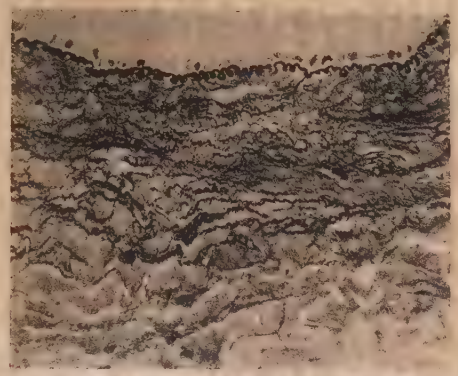
Abb. 20. Anser domesticus. Art. femoralis. Muskulöser Typ. R_4 Faser, konvexfaserartig von einem elast. Zapfen ihren Ursprung nehmend.

Abb. 21. Anser domesticus. Art. coeliaca, kurz vor Astabgabe. R_4 Fasern und Gabelfasern.

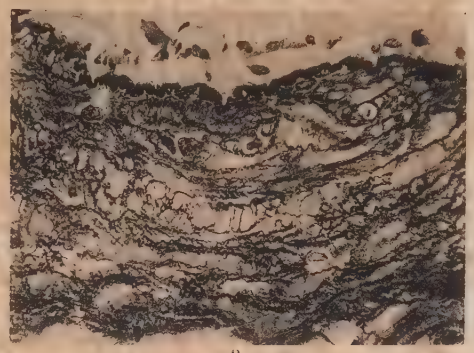
Abb. 22. Anser domesticus. Art. coeliaca bei Astabgabe. Etwas schräg geschnitten. Elast. Zapfen und Konvexfasern.

Abb. 23. Anas Boschas. Aorta descendens am Abgange der Art. ischiadica. Längsschnitt. Elast. Pfeiler und Konvexfasern.

Sämtliche Schnitte haben die gleiche, 200fache Vergrösserung.



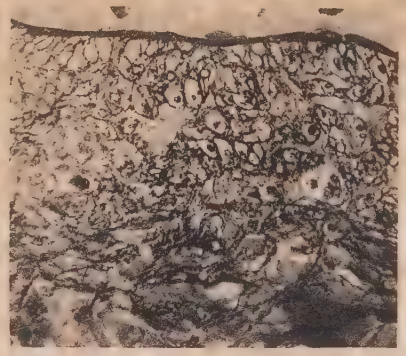
1



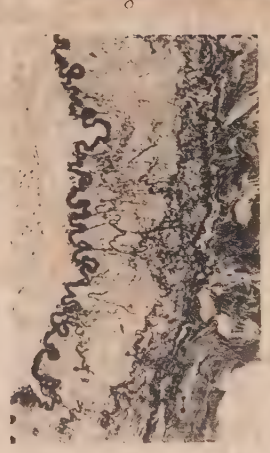
2

8

3

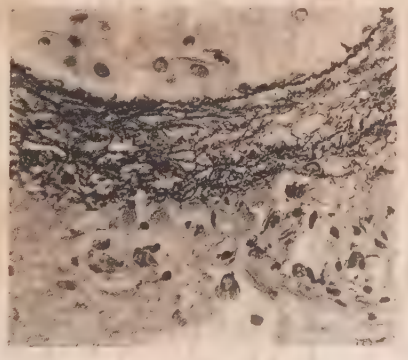


5

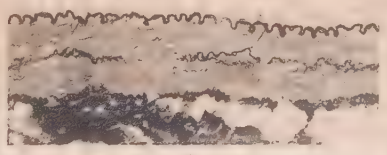


9

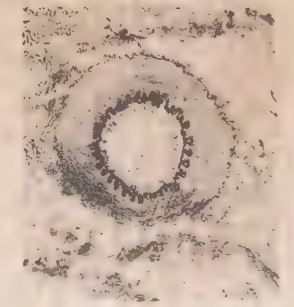
6



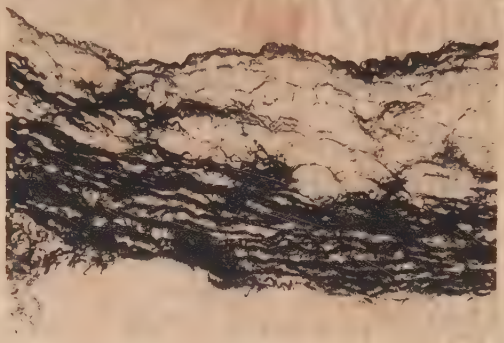
4



7

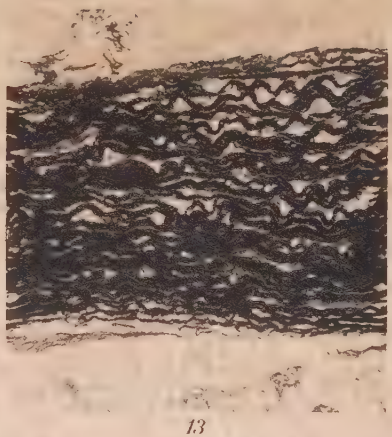


10

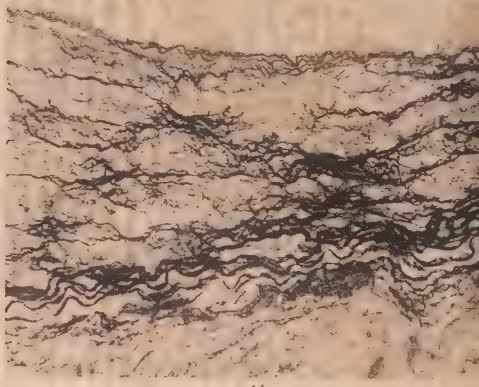


11

12

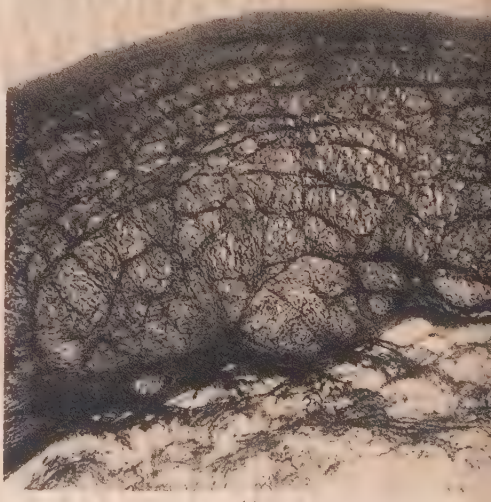


13



14

15



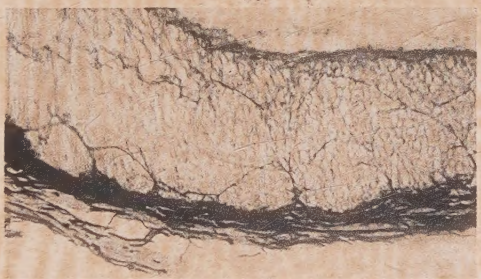
16

17

18

19

21



22

20

23

Werner u. Winter, Frankfurt a. M.